

4. DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

4.1 ASPETTI NATURALISTICI

Le principali tipologie vegetazionali presenti nell'area interessata dalla perimetrazione del Sito Pitelli sono rappresentate da zone boscate, costituite per la maggior parte da pinete a pino marittimo (*Pinus pinaster*), di impianto antropico. In misura minore sono presenti boschi misti di resinose e latifoglie e cedui semplici misti di angiosperme termofile, mentre una porzione ridotta del sito risulta occupata da ambienti arbustivi con essenze tipiche della macchia mediterranea. Si tratta comunque, in genere, di formazioni piuttosto degradate, che risentono fortemente della presenza antropica, spesso caratterizzate da specie esotiche come robinie, ailanti, ligustri, ecc. In taluni casi si rinvencono lembi di leccio (*Quercus ilex*), che costituisce la formazione climax di queste aree e, in genere, si sviluppa da pochi metri sopra il livello del mare a circa 600 metri di quota. Questa tipologia vegetazionale si riscontra sia come bosco puro (ceduo semplice), presente però ormai solo in forme relittuali, sia, più di frequente, in associazione con altre piante forestali ed agrarie. Nelle immediate circostanze del sito Pitelli, si ripetono le stesse tipologie vegetazionali descritte sopra, accanto a coltivi, spesso in stato di abbandono e caratterizzati prevalentemente da terrazzamenti ad ulivo. Le zone coltivate, distribuite per lo più attorno a nuclei abitati, assumono un'importanza particolare in quanto contribuiscono al mantenimento di una discreta diversità ambientale. L'abbandono delle pratiche agricole, oltre a comportare la perdita del mosaico vegetazionale (rappresentato da coltivi, siepi, boschetti, ecc.), consente l'avanzata del bosco, favorendo tra l'altro la diffusione, sulle colline retrostanti l'abitato, di specie animali come il cinghiale (*Sus scrofa*) e la volpe (*Vulpes vulpes*). Questi ambienti periurbani sono comunque essenzialmente di transizione, con un forte contrasto tra flora autoctona ed esotica, nonché con frequente presenza di specie sinantropiche e ruderali. Bisogna sottolineare che, nonostante alcune situazioni di spinto degrado, l'ampia zona extra urbana collinare del Comune della Spezia conserva ancora un'eterogeneità ambientale importante che favorisce, unitamente alla mitezza del clima, la nidificazione e lo svernamento di numerose specie ornitiche (da Biagioni, Coppo, et al., 1996: 65-206).

L'ambiente della costa a diretto contatto con il mare, laddove non interessato da forti modificazioni antropiche, diviene di notevole importanza dal punto di vista biologico, per la presenza di elementi naturalistici di particolare pregio. Le acque del Golfo, anche grazie alla presenza di una moltitudine di strutture adatte alla sosta e al riposo (dighe, moli, ecc.) o ad assolvere la funzione di posatoio, ospitano una gran quantità di specie avifaunistiche svernanti, tra cui Edredone (*Somateria mollissima*), Cormorano (*Phalacrocorax carbo*), Gabbiano comune (*Larus ridibundus*), Gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*), Beccapesci (*Sterna sandvicensis*), oltre, in misura minore, a Svassi e Smerghi (Biagioni, Coppo, et al., 1996).

La Carta Bionaturalistica della Regione Liguria non riporta elementi naturalistici di eccezionale rilevanza nell'area Pitelli. Si segnala comunque la presenza di una zona ecotonale di discreta estensione, in corrispondenza del Monte della Chiesa, la cui importanza deriva dal fatto che si tratta di "area seminaturale entro area antropizzata".

Adiacente alla superficie compresa nel piano di caratterizzazione, individuata dal toponimo "Punta Galera", si cita inoltre la presenza di un'area con morfologia ritenuta importante per il mantenimento della biodiversità (tipo di morfologia: rupi).

All'interno dell'area Pitelli si riporta l'ulteriore segnalazione di due zone individuate dal Comune della Spezia come biotopi, in quanto ritenute significative per la conservazione della biodiversità. Una di queste è completamente racchiusa entro il perimetro dell'area Pitelli, mentre l'altra ne risulta compresa solo in piccola parte (Tav. 4.1). La prima è rappresentata da un'antica Villa abbandonata, situata in Via Tesei, di circa 4 ha di estensione, oggi in evidente stato di incuria, tuttavia in grado di ospitare un gran numero di uccelli nidificanti tra cui Averla piccola (*Lanius collurio*), Pigliamosche (*Muscicapa striata*), Pettiroso (*Erithacus rubecola*), Fiorrancino (*Regulus ignicapillus*), Torcicollo (*Jynox torquilla*). L'importanza di quest'area è costituita principalmente dal ruolo ecologico che essa svolge, essendo un'isola "verde" caratterizzata ancora da un certo grado di naturalità, inserita all'interno di un contesto fortemente antropizzato.

La seconda, anch'essa dell'estensione di 4 ha, è occupata da un presidio militare oggi abbandonato (area Pagliari) e chiuso ed interdetto alla pubblica frequentazione.

L'interesse di questa zona è riferito più che altro alla presenza, in uno spazio

ristretto, di ambienti diversificati (piccole aree boscate, zone aperte ed incolte, un corso d'acqua). Qui si trovano latifoglie spontanee (come leccio, roverella, carpino) accanto ad altre tipiche delle alberature cittadine (quali ad esempio, tiglio, platano, robinia), oltre a boschi a Pino marittimo e lembi di vegetazione ripariale. L'area è inoltre caratterizzata da una particolare tranquillità, che consente la sopravvivenza di specie animali rare in città; vengono infatti segnalate, sotto il profilo avifaunistico, il Corriere piccolo (*Charadrius dubius*), il Passero solitario (*Monticola solitarius*), l'Usignolo di fiume (*Cettia cetti*), l'Averla piccola (*Lanius collurio*), il Torcicollo (*Jynx torquilla*).

L'emergenza più significativa dell'area in esame è però rappresentata dal pSIC (proposto Sito d'Importanza Comunitaria) IT 1345114 "Costa di Maralunga" – subsito B, individuato dalla Regione Liguria ai sensi della direttiva Habitat (dir. 92/43/CEE) e localizzato interamente nel Comune di Lerici. Tale sito si sovrappone parzialmente ai confini del Piano di Caratterizzazione Ambientale relativo all'area Pitelli in corrispondenza dell'area sud-orientale. Pur avendo ridotta estensione, racchiude lembi di naturalità importanti per la salvaguardia della biodiversità tipica delle zone costiere liguri.

In particolare, si segnala la presenza, frammentaria ma significativa, di boschi di leccio (*Quercus ilex*) in buono stato di conservazione; accanto a questo tipo di habitat, sono presenti altre numerose e diversificate associazioni vegetazionali caratteristiche delle coste mediterranee: si passa infatti da scogli semisommersi a lembi di pineta a pino marittimo e pino d'Aleppo, da orli di alofite costiere proprie delle rupi e delle spiagge ad un piccolo frammento di steppa ad *Ampelodesma*, concentrando in uno spazio contenuto una ricca diversità biologica. Si segnala tra l'altro la presenza di due habitat prioritari, seppur in percentuale minima rispetto all'estensione del pSIC (1% della superficie totale) ed in uno stato di conservazione non ottimale: 6220 "Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachipodietea" e 6210 "Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia*) con stupenda fioritura di orchidee". Dal punto di vista faunistico e botanico il sito non è molto noto, pertanto non si dispone di una gran quantità di dati bibliografici in merito alle presenze animali e vegetali al suo interno (Mariotti, Arillo et al., 2002). Si segnala comunque la presenza nell'area di *Phalacrocorax aristotelis desmarestii* (Marangone dal ciuffo), una sottospecie del Mediterraneo elencata in Allegato I della direttiva Uccelli, oltre ad una molteplicità di

specie avifaunistiche elencate in Allegato II della stessa direttiva (scheda dati Natura 2000). Inoltre, si evidenzia la presenza di specie vegetali di notevole importanza fitogeografica, in quanto tipiche dell'area mediterranea occidentale, che qui si trovano al limite nord-orientale del proprio areale come *Ampelodesmos mauritanica* e *Teucrium flavum*.

La superficie racchiusa dal perimetro del piano di caratterizzazione che si sovrappone al suddetto pSIC è quasi interamente di proprietà pubblica, con l'esclusione di una ridotta area privata di proprietà Navalmare (Tav. 4.1).

La normativa di settore (DGR 646/01; DPR 357/97, come mod. dal DPR 120/03; dir. Habitat, 92/43/CEE) prevede che qualunque intervento, contemplato nell'ambito di elaborati progettuali o strumenti pianificatori, suscettibile di produrre effetti diretti o indiretti su siti Natura 2000, sia sottoposto ad una procedura di verifica della compatibilità naturalistica, denominata valutazione di incidenza. Pertanto, il Progetto di Bonifica, che definirà nello specifico le modalità di attuazione degli interventi di ripristino delle aree interessate da fenomeni di inquinamento, dovrà essere corredato di apposita Relazione di Incidenza, da redigersi secondo le modalità stabilite in Allegato B della DGR 646/01 e dovrà prendere in considerazione qualunque intervento passibile di generare impatti sul pSIC (anche se localizzato esternamente allo stesso) come stabilito dal DPR 120/03.

Riferimenti bibliografici:

- M. Biagioni, S. Coppo, M. Dinetti, E. Rossi, 1996 - La conservazione della biodiversità nel Comune della Spezia. Ed. Comune della Spezia – LIPU – Birdlife International, pp. 302.
- M. Mariotti, A. Arillo, V. Parisi, E. Nicosia, G. Diviacco, 2002 - Biodiversità in Liguria - La Rete Natura 2000. Regione Liguria, Assessorato Ambiente e Territorio, Dipartimento Tutela dell'Ambiente ed Edilizia, Settore Politiche e Programmi Ambientali, pp. 299.
- PUC di La Spezia, Descrizione Fondativa.
- Carta Forestale della Regione Liguria.
- Carta Bionaturalistica della Regione Liguria.
- Schede dati Natura 2000, data base del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio ricompreso all'interno dell'area perimetrata ricade nei bacini del Canale Fossamastra e del Fosso di Pagliari e, in riferimento alla pianificazione di bacino, appartiene all'Ambito N. 20 "Spezia" del Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico, approvato con DCP n. 34 del 31.03.2003.

Il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di due assi di drenaggio principali, ad andamento quasi rettilineo e direzione NW-SE, impostati su lineazioni tettoniche regionali, e da una complessa morfologia collinare, con rilievi che raggiungono la quota massima di circa 150 m s.l.m., ma più frequentemente si attestano sugli 80-100 m s.l.m..

Le forme dominanti del territorio risentono in maniera determinante della tipologia del substrato roccioso che, come verrà descritto al cap. 4.3, è in massima parte costituito da quarziti ad elevato grado di alterazione (Unità "parautoctona" di Massa, AUCTT; cfr. cap. 4.3). L'elevata erodibilità del substrato – in modo particolare dove l'intensa tettonizzazione ha prodotto una pervasiva fratturazione e alterazione della roccia - ha favorito l'instaurarsi di un fitto reticolo idrografico a media e forte incisione e la formazione di una complessa articolazione di versanti, selle e vallette a diversa orientazione.

Forme più abrupte e pendenze mediamente superiori si osservano verso il margine meridionale dell'area, ove affiorano i terreni della serie carbonatica intensamente tettonizzata interposta tra le quarziti dell'Unità di Massa e la superiore Falda Toscana.

Il reticolo idrografico presenta una scarsa organizzazione gerarchica, con aste di lunghezza limitata di I e II ordine secondo Strahler, solo raramente di III ordine, tipici di un reticolo relativamente giovane. Le confluenze si presentano spesso perpendicolari e gli assi risultano soggetti al controllo strutturale della tettonica rigida recente.

La pesante antropizzazione del territorio ha prodotto un intenso e diffuso modellamento artificiale dei versanti, con interventi sia di scavo, sia di riporto, talora interessati da fenomeni di erosione e scoscendimenti di varia entità. I depositi antropici più rilevanti sono costituiti dalle discariche collinari, dai riempimenti presenti nel fondovalle del rio Pagliari e dalla fascia di conurbazione pressoché continua della costa.

La porzione pianeggiante dell'area è occupata dai depositi alluvionali quaternari dei corsi d'acqua di fondovalle, in parte terrazzati, di natura sabbioso-limosa e subordinatamente ghiaiosa. All'interno del corpo sedimentario sono presenti anche depositi lacustri e palustri. In questo ambito, le maggiori problematiche sono soprattutto legate all'estesa urbanizzazione, anche industriale, e alla presenza di settori interessati da condizioni di rischio idraulico elevato (cfr. anche succ. Fig. 4.3).

Nella zona non risultano presenti frane di estensione significativa, né attive, né quiescenti, salvo alcuni scoscendimenti, perlopiù scorrimenti rotazionali, che interessano lo spartiacque Monte Soglio – Ruffino e la zona sottostante, lato mare, del tiro a segno. Non è casuale la prossimità di queste aree alla fascia di intensa deformazione tettonica, corrispondente al sovrascorrimento della Falda Toscana sull'Unità di Massa (cfr. cap. 4.3), che borda il confine meridionale dell'area perimetrata.

Si riportano di seguito (Figg. 4.1 e 4.2) alcune cartografie del Piano di Bacino, che delineano la suscettività al dissesto dei versanti a scala di bacino. Come può vedersi, un'elevata percentuale del territorio risulta interessata da un grado di suscettività al dissesto¹ “media”, mentre solo limitate aree subpianeggianti sono classificate con grado di suscettività al dissesto “bassa”.

Alcuni settori soggetti a instabilità attiva, definiti come aventi grado di suscettività al dissesto da “alta” a “molto alta” sono situati al margine meridionale dell'area, ma pressoché interamente esterni all'area perimetrata, per quanto assai prossimi al settore “Fincantieri”. All'interno dell'area perimetrata, le manifestazioni di instabilità geomorfologica di grado elevato originariamente presenti nell'area interessata dalla presenza della discarica Saturnia, risultano oggi sostanzialmente obliterate dagli interventi eseguiti per l'allestimento della stessa discarica.

¹ Si riporta, per facilitare le connesse considerazioni, la legenda della Carta della suscettività al dissesto dei versanti del Piano di Bacino, cui si fa riferimento nel testo:

- “ 1. **Suscettività al dissesto molto elevata - frana attiva (P4)**: aree in cui sono presenti movimenti di massa in atto;
2. **Suscettività al dissesto elevata (P3)**: aree, in cui sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi, ovvero indicatori indiretti valutabili dalla combinazione di elementi geomorfologici e di uso del suolo anche se prive al momento di movimenti gravitativi;
3. **Suscettività al dissesto media (P2)**: aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo, dalla cui valutazione combinata risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 2;
4. **Suscettività al dissesto bassa (P1)**: aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità, dalla cui valutazione risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quella indicata al punto 3;
5. **Suscettività al dissesto molto bassa (P0)**: aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

In sintesi, si può osservare come il territorio in esame si caratterizzi per una diffusa “fragilità geomorfologica” che, pur essendo raramente tale da produrre situazioni di elevata criticità, è tuttavia in grado di condizionare in varia misura la fruibilità del territorio.

È il caso di evidenziare che, per la classe di suscettività al dissesto “media”, le norme di attuazione del Piano di Bacino non individuano specifiche restrizioni già a livello di piano, ma demandano ai comuni la normativa d'uso specifica, da definire attraverso apposite indagini, volte ad accertare l'effettivo grado di pericolosità delle aree.

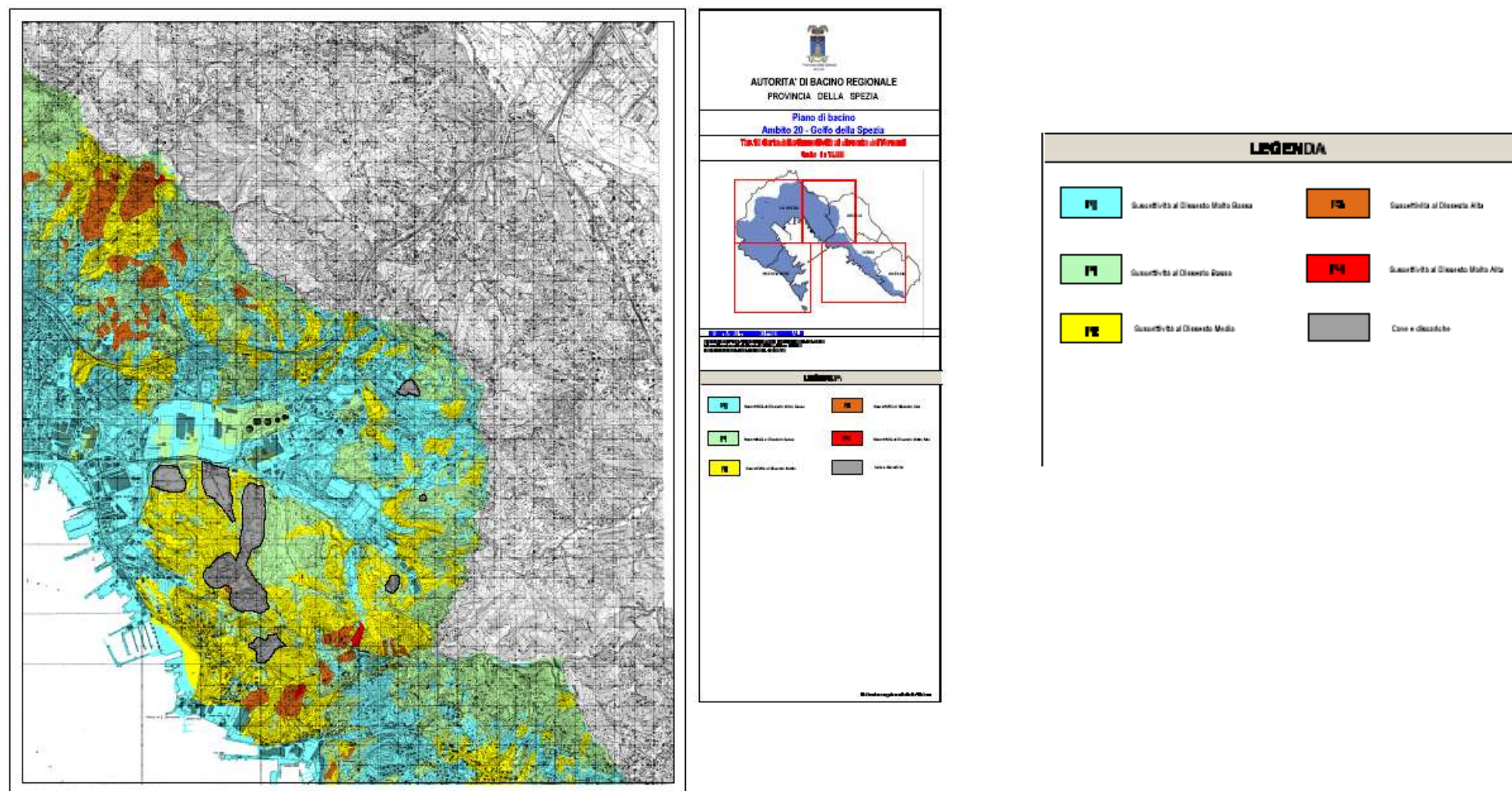


Fig. 4.1 – Carta della suscettività al dissesto dei versanti (da “Piano di Bacino – Ambito 20 Golfo della Spezia”)

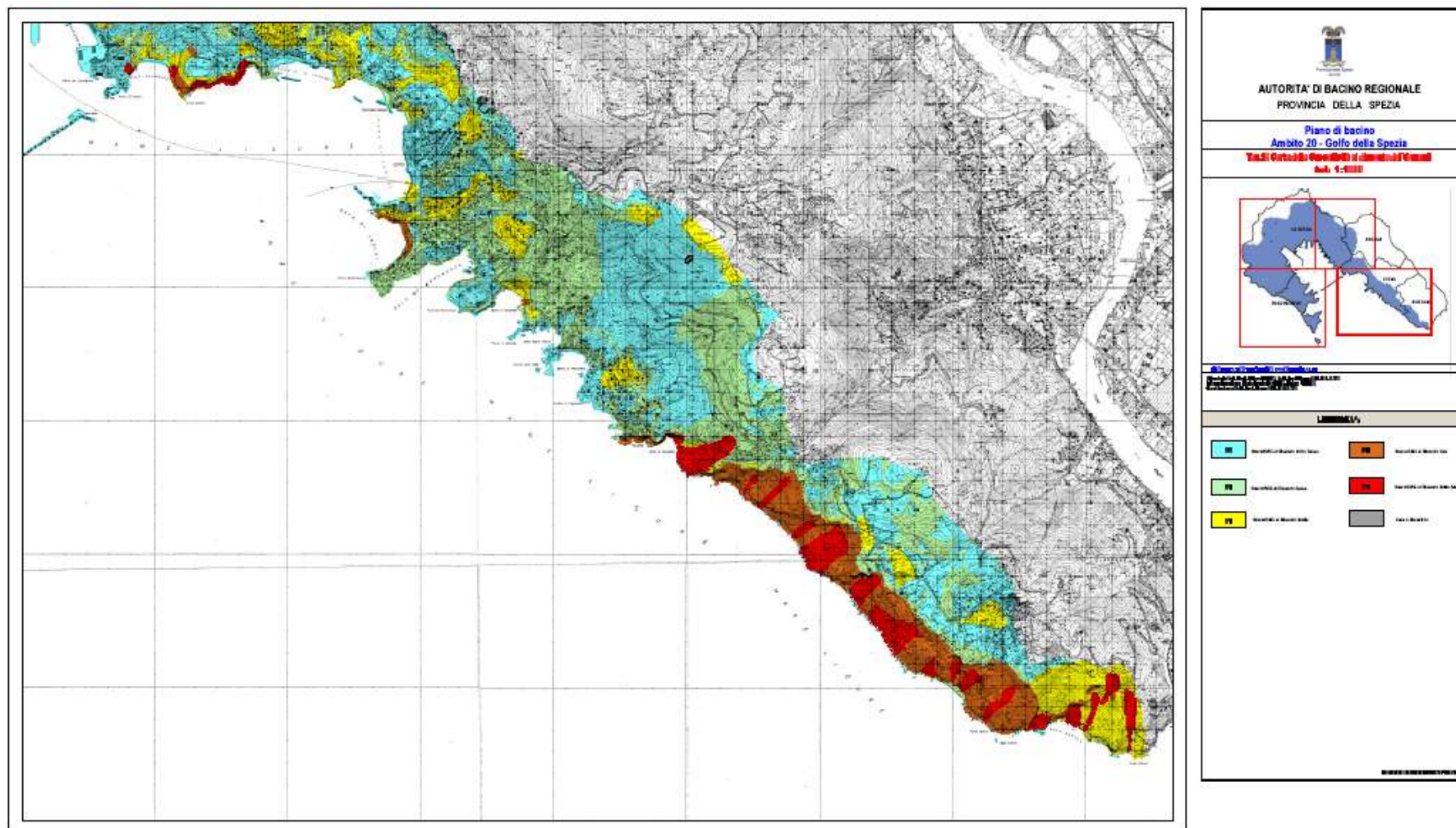
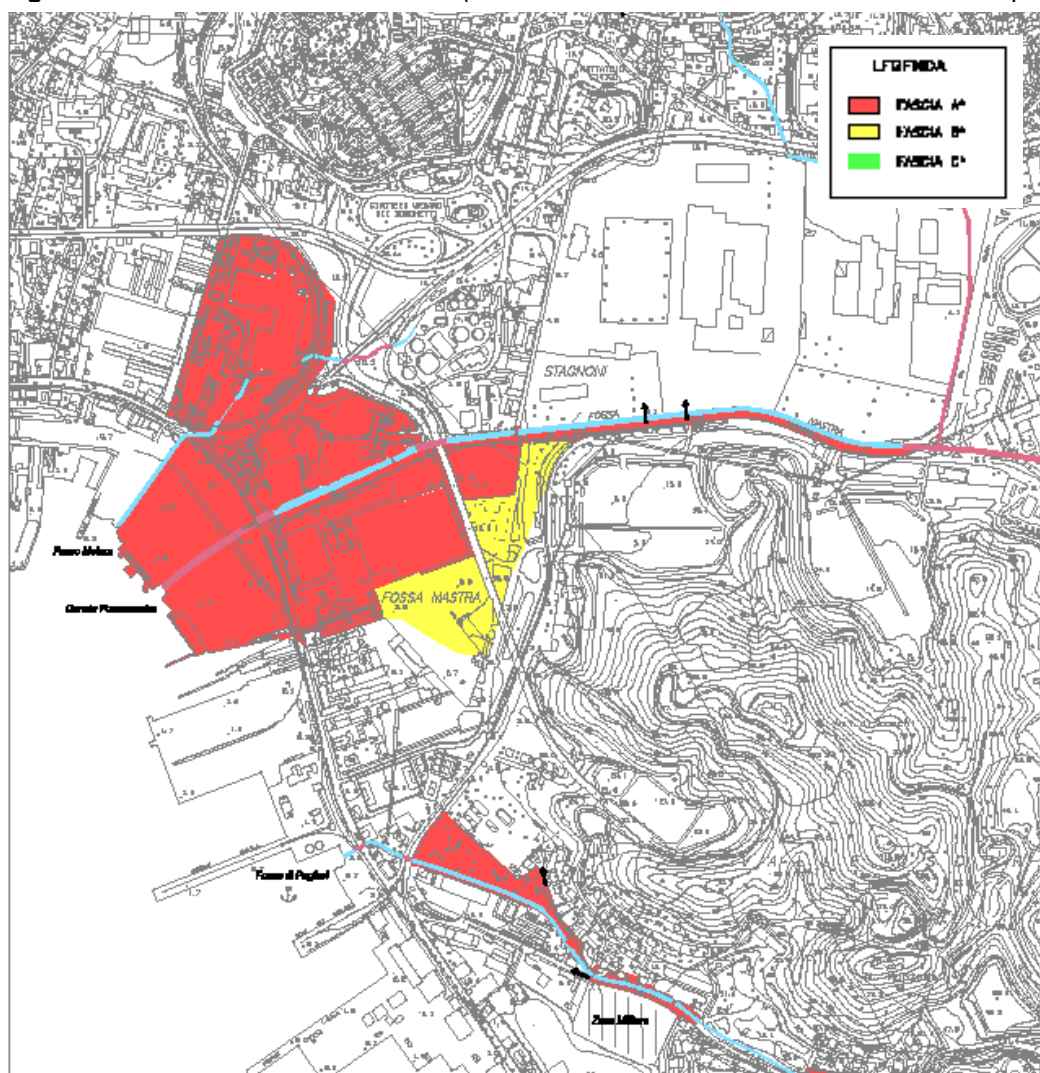


Fig. 4.2 – Carta della suscettività al dissesto dei versanti (da “Piano di Bacino – Ambito 20 Golfo della Spezia”)

Sotto il profilo del rischio idraulico, si riportano le conclusioni del citato Piano di Bacino, in modo particolare la definizione delle fasce di inondabilità (Fig. 4.3). Si può osservare in prima battuta che l'artificializzazione dei collettori principali non ha impedito che ampie porzioni della piana di fondovalle risultino soggette ad un alto rischio di inondabilità. Limitandosi strettamente all'esame dell'area perimetrata, tuttavia, le zone

Fig. 4.3 – Carta delle Fasce inondabili (da “Piano di Bacino – Ambito 20 Golfo della Spezia”)



inondabili con brevi e medi tempi di ritorno (Fascia “A”, rossa – Pericolosità idraulica molto elevata: aree perfluviali inondabili al verificarsi dell’evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=50$ anni; Fascia “B”, gialla – Pericolosità idraulica media: aree perfluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell’evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno $T=200$ anni) sono presenti solo in una ristretta area di fondovalle, in destra del Fosso di Pagliari.

È il caso di sottolineare che le aree definite in Fascia “A” sono state interessate da cospicui allagamenti, per esondazione del Canale Fossamastra e del Rio Pagliari, in occasione delle eccezionali precipitazioni del settembre 2004.

4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto dello studio risulta essere caratterizzata sostanzialmente da affioramenti di rocce attribuibili al Dominio Toscano, rappresentato da Unità tettoniche sovrascorse con diverso grado di metamorfismo (cfr. Tav. 4.2 Carta geologica).

Dal punto di vista tettonico generale, il Dominio Toscano è costituito da due unità sovrapposte, una denominata Toscanide I e l'altra Toscanide II, così costituite e caratterizzate nello specifico:

- **Toscanide I** (unità inferiore) comprende tutto l'insieme di rocce metamorfiche che affiorano nella finestra tettonica delle Apuane. La Toscanide I viene a sua volta suddivisa in due unità: una inferiore *autoctona* (*Unità delle Apuane*), affiorante principalmente nella finestra tettonica in menzione e costituita da una successione metamorfica che comprende il basamento paleozoico (pre Carbonifero), a principale strutturazione ercinica, e una copertura metasedimentaria sovrastante mesozoica – terziaria (dal Trias all' Oligocene, che culmina con la formazione flyschoidale dello Pseudomacigno) e l'altra *paraautoctona* (formalizzata con il nome di *Unità di Massa*, affiorante nel settore sud-occidentale del massiccio apuano e nel promontorio orientale di La Spezia), tettonicamente sovrapposta alla precedente attraverso l'interposizione di una breccia cataclastica non metamorfica. Ciò indica che le due unità, entrambe metamorfiche, sono state rimosse in condizioni termobariche superficiali. L'*Unità di Massa* è anch'essa costituita da un basamento Paleozoico (che come quello apuano ha registrato le condizioni termodinamiche determinate dall'orogenesi varisica) sormontato stratigraficamente da una sequenza metasedimentaria medio Triassica, che comprende le metavulcaniti del Trias medio. Sopra i depositi del ciclo sedimentario paraautoctono poggiano i depositi silico-clastici, d'ambiente continentale, indicati comunemente come “Formazione del Verrucano” (Trias Superiore, Ladinico - Carnico). La serie più completa dell'*Unità di Massa* (che caratterizza in modo specifico e determinante

l'area oggetto del Piano di caratterizzazione del Sito Nazionale di Pitelli) è esposta nella località di Punta Bianca (promontorio orientale del Golfo di La Spezia, raggiungendo ivi una potenza di circa 250 metri), all'interno della quale è possibile riconoscere due cicli deposizionali trasgressivi sul basamento ercinico. Il primo ciclo, d'età Anisico – Ladinico (Trias medio – Trias Superiore), è costituito da sedimenti continentali tipo conoide fluviale e alluvionale che, verso l'alto, passano a carbonati di piattaforma fino a depositi di mare più profondo caratterizzati dalla presenza di ammoniti. Nella parte alta della successione, i calcari prossimali sono intercalati a colate di basalti alcalini. Il secondo ciclo sedimentario, di probabile età ladinico-carnico (Trias superiore), è formato dall'alternarsi di sedimenti litorali e fluviali, che costituiscono la formazione del Verrucano. Quest'ultima, che nell'*Unità di Massa* presenta notevoli spessori, nell'*Unità delle Apuane* affiora raramente e con spessori molto ridotti. Nell'*Unità di Massa*, il Verrucano è sormontato da un orizzonte di brecce (Miocene medio e superiore) prevalentemente calcaree più o meno dolomitizzate derivate da formazioni triassiche basali della Falda Toscana (Calcare Cavernoso), originate da eventi tettonici neogenici ed interessate da carsismo recente.

- **Toscanide II** (unità superiore e sovrascorsa alla Tuscanide I) costituita dalla successione non metamorfica (o di bassissimo grado metamorfico in facies di subscisti verdi) di copertura sedimentaria marina, a partire (dal basso stratigrafico verso l'alto) dalle evaporiti del Trias, fino ai potenti sedimenti torbiditici oligocenici superiori del Macigno. Tale associazione viene comunemente formalizzata con il nome di *Falda Toscana*.

Per quanto concerne i rapporti esistenti fra i domini paleogeografici esterno (Toscanidi sedimentate sul margine continentale della micro placca Adriatica) ed interno (Liguridi rappresentate da lembi di crosta oceanica, da sequenze di copertura marina e da formazioni torbiditiche depositatesi nel paleoceano Ligure-piemontese), si evince dalla letteratura scientifica che, se si prescinde dai lembi di ricoprimento isolati dall'erosione e dalle finestre tettoniche, esiste una grossolana corrispondenza alla sovrapposizione delle Liguridi sulle Toscanidi, e quello orografico – amministrativo (con la sola eccezione dei

due promontori che delimitano il Golfo di La Spezia) fra Toscana e Liguria. Questo limite corre poi subito a NE del crinale appenninico anche fra Toscana ed Emilia Romagna.

Gli elementi strutturali appartenenti al Dominio Esterno, cioè le Unità del Dominio Toscano, messi a nudo dall'erosione e forse anche dalle distensione tettoniche tardive, affiorano perciò prevalentemente in Toscana, mentre in Liguria ed Emilia Romagna sono di gran lunga dominanti i terreni dell'insieme Ligure e cioè le Unità Liguri alloctone.

In riferimento all'area in studio, si osserva che la successione triassico-oligocenica della *Falda Toscana* affiora con grande frequenza presso i due promontori spezzini di Monte Marcello (promontorio orientale in contiguità con la formazione di Punta Bianca) e Portovenere (promontorio occidentale) e forma gran parte dei rilievi dei Monti della Lunigiana e della Garfagnana. In direzione sud - orientale, le Unità Toscane e Liguri (subliguride) avvolgono inoltre integralmente, come una sciarpa, l'elevato nucleo metamorfico delle Apuane, in modo che la stessa Falda Toscana sia a sua volta sovrascorsa e avviluppata dalle Unità Liguri che la sovrastano per carreggiamento tettonico.

La Finestra delle Apuane (sede di emergenza dell'autoctono e del parautoctono) appare come una *mega-shear zone* (zona di taglio ensialico generata da una tettonica polifasata), interposta verosimilmente tra il sottostante Dominio Umbro-Marchigiano e, certamente, sotto la sovrastante Falda Toscana, la quale è sua volta sovrascorsa dal complesso Liguride ed Epiliguride. La zona di taglio si è generata da un primo evento deformativo compressionale D1 (dovuto alla collisione del cratone Sardo – corso contro il promontorio adriatico) databile radiometricamente (Rb/Sr) al periodo Oligocene sup. – Miocene inf. (da -27 M.a. a -22 M.a.), compatibile al contesto generale di formazione dell'Appennino settentrionale. In particolare questo evento di raccorciamento crostale è responsabile dell'accavallamento della Falda Toscana sull'autoctono (a spese delle deformazioni plastiche del suo substrato di base evaporitico triassico) e, contemporaneamente, di un metamorfismo a quarzo-albite-muscovite-clorite-cloritoide +/- biotite (Scisti Verdi con condizioni di $T = 300-400^{\circ}\text{C}$ e $P = 3-4 \text{ Kb}$, corrispondente ad un carico litostatico di 10-15 Km) che caratterizza tutti i terreni della Toscanide I, i cui minerali sono orientati su di una superficie di scistosità S1, che conferisce alle rocce interessate (marne, calcescisti, siltiti, filladi, quarziti) una tessitura blastomilonitica.

Ad essere precisi i terreni dell'Unità di Massa (parautoctono) presentano invece un grado metamorfico maggiore rispetto alla sottostante Unità delle Alpi Apuane (Molli et alii, 2001): l'unità di Massa è anch'essa affetta da metamorfismo in Facies Scisti Verdi con sviluppo di associazioni a quarzo-albite-muscovite-clorite (con presenza di biotite) orientate sulla superficie di scistosità, ma in alcuni orizzonti si ritrova Cianite la cui presenza è legata a fasi metamorfiche di più alta pressione. L'Unità di Massa avrebbe così raggiunto una profondità maggiore (circa 25 Km), con picco metamorfico nel campo di stabilità di magnesiocloritoide + cianite, caratterizzata da un range di temperatura di 400-500 °C e pressione di 8 Kbar. L'accoppiamento tra le Unità metamorfiche delle Apuane (autoctono e parautoctono) sarebbe avvenuto durante gli stadi finali della deformazione compressiva D1.

A questa fase (D1), succede una seconda fase deformativa D2 (Miocene medio), a carattere distensivo, che deforma le superfici di scistosità e tutti i contatti originatisi durante la fase D1, creando le geometrie (domo di scistosità) che osserviamo oggi. In particolare questa fase (D2) è suddivisibile in un primo stadio sinmetamorfico datato -15/-8 M.a., con lo sviluppo di sistemi di pieghe aperte, seguito da fasi a carattere duttile-fragile, caratterizzate dalla formazione di pieghe e faglie normali a basso angolo e faglie trascorrenti. Lo studio blastesi - deformazioni ha portato alcuni autori (Franceschelli et al., 1986, Franceschelli e Memmi, 1999) a sostenere che invece il picco metamorfico sia avvenuto dopo la fase compressiva D1 e prima dell'instaurarsi della fase D2. La struttura antiforme tardiva, oltre alla superficie S1, coinvolge anche i contatti con le sovrastanti unità alloctone. Tale fase deformativa (D2) non è limitata all'Unità Metamorfica, ma interessa anche la Falda Toscana sui bordi immediati della finestra tettonica apuana e in tutta l'area che va dalla Spezia alla Val di Lima, e anche le Liguridi tra Carrara e Sarzana. All'interno del quadro evolutivo dell'Appennino Settentrionale, la fase distensiva D2 è vista da alcuni autori (Carmignani e Giglia, 1984) legato ad una spinta verticale, come una logica prosecuzione, in una deformazione polifasica, della tettonica tangenziale compressiva.

Una forma di diapirismo crostale, legata al ristabilimento dell'equilibrio isostatico e termico turbato dalla fascia di taglio dell'Oligocene superiore e dalla catena in formazione, parrebbe la spiegazione più ragionevole della fase D2. La risalita sino ad una certa profondità di uno stock intrusivo può spiegare la formazione della cupola di scistosità e delle mineralizzazioni apuane. Altri autori (Carmignani, Giglia, Kligfield, 1978; Carosi, Frassi, Montomoli, Pertusati, 2004) riferiscono dell'esistenza di una terza e quarta fase

finale D3 e D4, che hanno deformato l'intero Dominio Toscano e riferibili al processo distensionale regionale, permettendo la risalita dell'area delle Alpi Apuane con uno stile a domi ed alti strutturali modificati da un sistema di faglie normali. Età di $-8/-5$ M.a. per la Falda Toscana e di $-6/-2$ M.a. per l'Unità delle Alpi Apuane, ottenuti mediante analisi radiometrica delle tracce di fissione dell'apatite (Balestrieri et alii, 2003; Abbate et alii, 1994), vincolano l'età degli stadi finali di sollevamento. Jolivet et alii (1998) attribuiscono a questa fasi (estensione sin-orogonica) l'esumazione delle rocce di alta pressione (Unità di Massa).

L'ultimo stadio distensionale dell'area è invece da ascrivere al regime (attualmente ancora attivo come dimostrato dall'attività sismica dell'Appennino Nord Occidentale, caratterizzata da meccanismi focali di tipo tensionale concentrati nei livelli crostali medio-superiori) di apertura del Tirreno (sfenocasma Tirrenico), che inizia verosimilmente nel Tortoniano (Miocene superiore, circa -10 M.a.), ed è responsabile della presenza confinante al Nord, Ovest ed Est della regione Apuana di faglie normali che interessano tutte le unità tettoniche con un sistema di graben nei settori occidentale (graben del Magra) ed orientale (graben del Serchio) della stessa finestra tettonica. Questi bacini occupano la zona assiale di due fosse tettoniche asimmetriche ad orientamento appenninico (NO-SE) che costituiscono un'unica e complessa struttura distensiva che si sviluppa fra le faglie maestre di Groppodolosio a NE, a ridosso del crinale appenninico, e della Spezia a SO, per una larghezza di circa 35 Km. La struttura è articolata in due graben asimmetrici separati da un horst centrale costituente l'ampia dorsale M. Picchiara-M. Cornoviglio; essa è caratterizzata da faglie normali listriche che in alcuni casi mostrano rigetti di oltre 2.000 m. A tale struttura appartiene anche l'area di Pitelli oggetto dell'indagine, che si contraddistingue strutturalmente per il fatto di essere allocata su di un horst secondario (horst di Monte Marcello) che va formare il promontorio di Punta Bianca, separando a Levante la città di La Spezia dal bacino tettonico del Magra. Tali sistemi di faglie hanno infine controllato la sedimentazione fluvio-lacustre all'interno delle depressioni tettoniche (i graben), che inizia nel Villafranchiano (Pleistocene - 1,8 M.a.). A questa fase sarebbe legata la messa in posto dei plutoni magmatici della Toscana meridionale e alto Lazio (provincia magmatica quaternaria tosco-laziale).

Dal punto di vista specifico della stratigrafia e formazionale si osserva che nell'area in indagine, ove risulta collocato il sito di Pitelli nella parte orientale del Golfo di La Spezia, affiora in maniera preponderante la formazione delle Quarziti e Filladi (quarziti grigio-

rosate ben stratificate, talora con livelli basali microanagenitici passanti, nella parte alta a filladi e metasiltiti grigie talora verdastre violacee; Carnico-Trias Superiore) appartenenti alla parte sommitale del gruppo del Verrucano dell'Unità di Massa. (Successione Metamorfica di Punta Bianca). La presenza in superficie di tale formazione all'interno del contesto geologico rappresentato dalle formazioni adducibili alla Falda Toscana, fa sì che questa area sia decodificabile come una finestra tettonica del parautoctono apuano su horst all'interno della falda sovrascorsa (Toscanide II) sul medesimo parautoctono.

Al confine Sud orientale delle aree pubbliche del sito nazionale di Pitelli, compaiono le tracce del sovrascorrimento in menzione, esso è rappresentato dagli affioramenti delle breccie tettoniche interposte tra la Falda Toscana e l'Unità di Massa. In loco, tali breccie sono rappresentate dalle Breccie di Maralunga (breccie calcaree triassiche più o meno dolomitiche grigie e grigio-scuri, di origine cataclastica non metamorfica, vacuolari, con porzioni dolomitiche pulverulenti grigio-cenere; clasti fino a dimensioni decametriche di calcari dolomitici grigio-chiaro massivi con estese aree carsificate, riempite da cementi microspatici; breccie carbonatiche con inclusi strati disarticolati di calcari grigio-scuri e di marne giallastre) la cui movimentazione è databile al Miocene Medio e Superiore. Le Breccie di Maralunga sono a loro volta sovrascorse tettonicamente, sempre nella medesima direzione sud-orientale, da elementi sommitali della Falda Toscana: lembi esigui della Scaglia Toscana (Membro delle Argilliti di Brolio formato da argilliti rosse, grigie e verdastre, calcareniti fini grigie con spalmature verdastre e rarissimi livelli silicei; Cretaceo superiore – Paleogene) sovrastati per contatto stratigrafico da affioramenti estesi del Macigno (arenarie torbiditiche da fini a grossolane in strati e banchi alternate a sottili livelli di siltiti argillose grigie con presenza di livelli guida conglomeratici; Oligocene Superiore).

I confini settentrionali ed orientali delle aree pubbliche sono invece caratterizzati dalla presenza di depositi sciolti alluvionali. Più distalmente, in queste direzioni, riappaiono le formazioni della Falda Toscana che orlano la finestra tettonica di Pitelli, con uno stile già descritto per la finestra tettonica apuana toscana.

Gli elementi sommitali della Successione metamorfica di Punta Bianca sono invece visibili nei pressi del promontorio di Falconara e nel golfo di S. Terenzo, fuori dai limiti meridionali delle Aree Pubbliche, dove affiorano gli omonimi scisti (Scisti di S. Terenzo formati da alternanza di filladi per lo più grigio-verdastre, quarziti fini grigie e metacalcari

variabilmente silicei di colore giallastro. La porzione superiore presenta vari gradi di brecciatura tettonica; Carnico Trias Superiore).

Da un punto di vista strettamente strutturale - geometrico si evince dagli studi effettuati sulla zona (rilevamento del Foglio n. 248 La Spezia, scala 1:50.000, anno 2000 Regione Liguria) che l'area di Pitelli risulta essere affetta da pieghe chilometriche con formazione di sinformi anticlinali e sinclinali, con direzione di piano assiale coincidente alla direzione neotettonica distensiva NO-SE, coricate a vergenza nord orientale, nell'area centrale in indagine, con esposizione localizzata dei fianchi diretti ed inversi. Tale vergenza adriatica dei fenomeni plicativi è altrove riscontrabile nell'Unità di Massa (in Toscana nel contatto occidentale con l'autoctono Apuano) ed è solitamente associata al primo evento deformativo D1. Tuttavia si nota che, dall'andamento "serpeggiante" delle giaciture in tutta l'area, le fasi successive responsabili della formazione dell'edificio a falde appenninico hanno prodotto delle trasposizioni e rideformazioni delle strutture plicative di prima fase, con formazione di Figura d'interferenza. A scala regionale s'intuisce inoltre uno stile strutturale a domo di scistosità. Per quanto concerne la presenza di discontinuità strutturali di una certa importanza, si riscontrano faglie imputabili alla tettonica distensiva più recente che ha dissezionato l'edificio appenninico nord-occidentale con direzione NO-SE, nonché di strutture trasversali secondarie coniugate, con andamento NE-SO, aventi un modesto carattere di trascorrenza (trascorrenza sinistra).

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico generale dell'area, rimandando al cap. 4.2 e al cap. 8.4 per gli aspetti relativi rispettivamente al reticolo idrografico e idrogeochimici, è contrassegnato da alcune significative peculiarità.

È il caso di evidenziare, innanzitutto, che tutti i dati raccolti nell'ambito del presente piano indicano la presenza di litotipi mediamente permeabili, all'interno dei quali si realizzano lunghi percorsi di filtrazione, con formazione di una falda permanente profonda alla quota di circa 10 m s.l.m., avente una soggiacenza estremamente variabile per effetto della complessa orografia. Questo primo dato fornisce l'occasione di una parziale confutazione di quanto asserito da buona parte della letteratura, che indica le quarziti del substrato come terreni sostanzialmente impermeabili, e di precisare quanto affermato preliminarmente nel Piano di Caratterizzazione.

Deve essere distinto, poi, un comportamento idrogeologico a scala regionale ed uno a scala locale. Riguardo al primo, il comportamento risulta sostanzialmente omogeneo, per l'assenza di significativi livelli impermeabili (acquiclide) e di strutture idrogeologicamente rilevanti. Si rileva un modesto acquifero alluvionale nella piana del Canale Fossamastra, che interessa assai parzialmente l'area pubblica perimetrata, e, in misura minore, nella più ristretta valle del Rio Pagliari, ed un acquifero profondo in roccia.

Dalle prove di permeabilità realizzate (cfr. All. 8.2 "Relazione Tecnica finale relativa all'esecuzione di indagini geognostiche riguardanti la caratterizzazione del sito Pitelli - La Spezia" – Water & Soil, Doc. 402-01 del 30.09.04) risulta che la roccia presenta coefficienti di permeabilità variabili tra $k = 10^{-4}$ e 10^{-8} m/s, con valori medi intorno a 10^{-5} m/s. L'infiltrazione dalla superficie è prevalente, ma è stato documentato un contributo profondo, legato ai meccanismi idrotermali presenti nell'area del Golfo (cfr. risultati del cap. 8.4). I valori di permeabilità non sono di per sé elevati (anche se deve sempre tenersi conto di una possibile sottostima per effetti di parziale impermeabilizzazione dei fori di prova, in presenza di quelle frazioni limoso - argillose significative che sono stati intercettati negli orizzonti più cataclasati), ed è quindi ipotizzabile una velocità di infiltrazione e circolazione mediamente modesta, ma accompagnata da percorsi di filtrazione verticali particolarmente sviluppati, per l'assenza di qualsiasi efficace barriera idrogeologica o "acquiclide", almeno sino a quote comparabili al livello medio marino.

Dai dati ricavabili dalle indagini eseguite all'interno delle aree private, in modo particolare all'interno dell'area di pertinenza della centrale termoelettrica ENEL di La Spezia ("Piano della caratterizzazione: relazione tecnica descrittiva delle indagini condotte" - FW per ENEL, aprile 2004), si osserva che anche l'acquifero alluvionale mostra una produttività assai modesta. La presenza di una frazione fine, limosa e argillosa, sempre importante induce caratteristiche di permeabilità modeste, addirittura inferiori a quelle, sopra menzionate, rilevate all'interno del basamento roccioso. La permeabilità si attesta su valori variabili tra $k = 10^{-5}$ e 10^{-8} m/s, ma con valori più frequenti intorno a 10^{-7} m/s. Nella parte superiore della piana del Fossamastra, dove insiste l'insediamento ENEL, l'acquifero presenta localmente faldine semindipendenti, tutte comunque scarsamente produttive.

Confermano il quadro generale descritto i dati riportati nella Relazione Geognostica realizzata dal Comune della Spezia nell'ambito dello "Studio ambientale della zona sudorientale della città" (1997). Con riferimento alle prove di emungimento realizzate su sei dei sette piezometri realizzati, aventi profondità dai 9 ai 22 m, si osserva che anche in presenza di portate di emungimento costanti modeste ($1,8 \div 18$ l/min), i livelli freaticometrici si abbassano progressivamente, senza alcun accenno di stabilizzazione, ed il pompaggio spesso deve essere arrestato per raggiungimento della profondità di aspirazione della pompa. Coerentemente, anche la ricarica della falda a termine emungimento avviene in modo lento e difficoltoso e in nessun caso si ristabilisce il livello statico di falda, anche con prolungati tempi di osservazione.

Per una valutazione generale degli afflussi meteorici, rimandando allo specifico capitolo dedicato alla meteorologia (cap. 4.5) per maggiori approfondimenti, sono stati elaborati i dati pluviometrici relativi alle stazioni di La Spezia - Fabiano, Monte Rocchetta e Sarzana - Luni, relativamente al periodo compreso tra gennaio 2004 e settembre 2005 (Fig. 4.4). Dalla serie di dati riportati, si può qualitativamente osservare come anche la limitata popolazione di dati riproponga gli andamenti stagionali medi della zona, che risultano caratterizzati da un massimo di precipitazioni nella stagione autunnale, seguito da quella invernale e primaverile (cfr. cap. 4.5), con singoli valori cumulati su base mensile che possono raggiungere entità rilevanti. La complessità orografica dell'area si riverbera significativamente anche sul regime pluviometrico locale. Le tre stazioni prese in considerazione, pur mostrando una generale conformità rispetto all'andamento medio sopra descritto, si differenziano sensibilmente sia come singoli valori estremi, sia come

valori cumulati, anche se il confronto è solo indicativo, essendo le serie non sempre omogenee, per mancanza di diversi dati di rilevazione nella stazione di Sarzana.

A scala locale, possono verificarsi modeste ed occasionali circolazioni di acque in occasione di eventi meteorologici rilevanti, che possono infiltrarsi dalla superficie e restare temporaneamente sostenute da livelli a permeabilità relativamente minore (livelli di filladi, metasiltiti o quarziti localmente compatte). Tali occasionali circolazioni non danno luogo, tuttavia, ad alcuna emergenza sorgentizia nota, e ad alcuna “falda” con caratteri di continuità spaziale e permanenza. È anche il caso del rio Pagliari, dove, a differenza del canale Fossamastra, il materasso alluvionale è risultato quasi sempre asciutto, salvo periodi molto limitati in occasione di afflussi meteorici consistenti.

La complessità orografica del sito può determinare, non di meno, situazioni strettamente locali che potrebbero differenziarsi parzialmente dallo schema generale sopra esposto. È implicito, tuttavia, che si tratterebbe in ogni caso di variazioni a scala di singolo comparto, potenzialmente in grado di determinare particolarità locali nei meccanismi di infiltrazione e scorrimento subsuperficiale, ed eventualmente di venuta a giorno, che non invalidano il quadro di circolazione generale definito in precedenza.

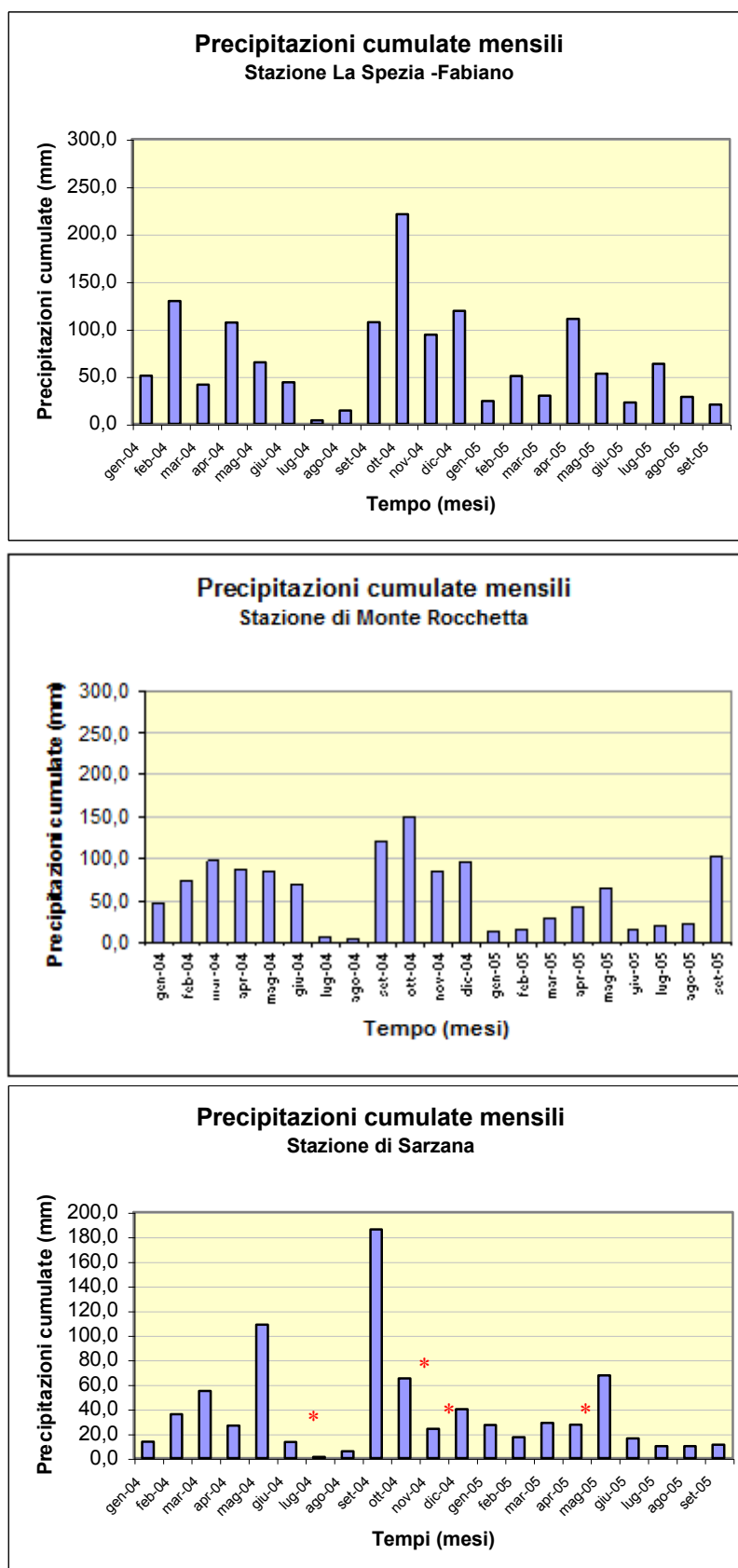


Fig. 4.4. – Precipitazioni cumulate mensili (periodo gennaio 2004 – settembre 2005)
(l'asterisco in rosso indica che la serie manca di dati significativi)

4.5 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

L'inquadrimento meteo-climatico della zona di Pitelli è qui effettuato attraverso lo studio della temperature media, minima e massima calcolate su base mensile, stagionale ed annuale, nonché la media delle precipitazioni cumulate su base mensile ed annuale determinate su base storica (vd. Par. 4.5.1 e 4.5.2).

E' stato inoltre analizzato nel dettaglio il regime anemometrico della zona stessa (vd. Par. 4.5.3).

Le informazioni necessarie ad un corretto inquadrimento meteo - climatico di una zona sono preferibilmente da ricercarsi studiando le informazioni derivanti da stazioni meteorologiche presenti sul territorio di interesse.

Nel caso della zona in esame l'analisi climatologia è relativa alla stazione di Sarzana. Tale stazione (Tab. 4.1) appartenente alla rete dell'Aeronautica Militare dal 1970 possiede pertanto una elevata numerosità campionaria tale da garantire attendibilità nei risultati forniti.

Al fine della caratterizzazione dal punto di vista anemologico sono stati presi in considerazione anche i dati rilevati dalla postazione metereologica sita sul Monte Beverone e gestita, nell'ambito della rete di rilevamento della qualità dell'aria dall'ENEL, ma sia per la brevità delle serie storiche disponibili sia per l'insufficiente qualità dei dati, si è ritenuto di non utilizzarli ai fini del presente studio.

Tab. 4.1

Stazione	Coordinate		Quota	Provincia	Bacino	Data attivazione
	lat	lon	[m slm]			
Sarzana	44.08	9.98	10	SP	Magra	1970

4.5.1 Analisi termometrica della zona limitrofa al sito Pitelli

Nelle Tabelle successive (Tab. 4.2 – Tab. 4.3) sono riassunte le principali caratteristiche relative al regime termometrico a scala mensile stagionale ed annuale della stazione di Sarzana analizzata per lo studio.

Tab. 4.2 - Statistica termometria mensile della stazione di Sarzana/Luni

Climatologia (γ)	Temp [°C]	Temp Max [°C]	Temp Min [°C]	Umidità [%]
Gennaio	7.2	11.3	3.3	78
Febbraio	8	12.3	3.7	74
Marzo	10.5	14.6	5.6	74
Aprile	13.2	17.1	8.2	74
Maggio	17.6	21.7	12	73
Giugno	21	25.2	15.2	73
Luglio	24.1	28.5	17.8	70
Agosto	24.1	28.9	18	72
Settembre	20.4	25	14.9	75
Ottobre	15.8	20.2	11.4	80
Novembre	10.9	15	7	80
Dicembre	8	12.1	4.4	79

Tab. 4.3 - Statistica termometria stagionale ed annuale stazione di Sarzana/Luni

Climatologia (γ)	Temp [°C]	Temp Max [°C]	Temp Min [°C]
Inverno	8.3	12.4	4.1
Primavera	16.0	20.1	10.7
Estate	22.9	27.5	16.9
Autunno	13.0	17.3	8.8
Anno	15.1	19.3	10.1

Facendo riferimento alla stazione di Sarzana/Luni la zona di interesse è caratterizzata da una temperatura media annua di circa 15° C, con valori medi di 8°C nella stagione invernale, di 16°C nella stagione primaverile, di 23°C nella stagione estiva e di 13°C nella stagione autunnale. Tali dati sono di concordi alla climatologia ligure di La Spezia secondo quanto pubblicata da Menella (1967).

4.5.2 Analisi igro- pluviometrica della zona limitrofa al sito Pitelli

Nelle Tabelle successive (Tab. 4.4 – Tab. 4.5) sono riassunte le principali caratteristiche relative al regime pluviometrico a scala annuale, stagionale e mensile della stazione analizzata.

Tab. 4.4 - Statistica pluviometria ed igrometrica mensile della stazione di Sarzana/Luni

Climatologia (γ)	Umidità [%]	Prec [mm]
Gennaio	78	115
Febbraio	74	86
Marzo	74	82
Aprile	74	100
Maggio	73	75
Giugno	73	61
Luglio	70	25
Agosto	72	51
Settembre	75	100
Ottobre	80	161
Novembre	80	134
Dicembre	79	116

Tab. 4.5 - Statistica pluviometria annuale e stagionale stazione di Sarzana/Luni

Climatologia (γ)	Umidità [%]	Prec Cumulata [mm]
Inverno	75.9	295
Primavera	73.5	243
Estate	72.1	162
Autunno	79.2	405
Anno	75.2	1106

Dal punto di vista pluviometrico, facendo riferimento alla stazione di Sarzana/Luni, la zona di interesse è caratterizzata dalla pluviometria tipica della regione Liguria del Centro-Levante (la zona dell'Imperiese ha precipitazioni su base annua notevolmente inferiori). I dati pluviometrici relativi alla stazione di Sarzana, mostrano infatti una cumulata su base annua di circa 1100 mm ripartita in 295 mm nella stagione invernale, 243 mm nella stagione primaverile, di 162 mm nella stagione estiva e di 405 mm nella stagione autunnale. Ne risulta, come prevedibile, che la stagione più piovosa è l'autunno seguita a ruota dall'inverno e dalla primavera. Tali dati di precipitazione sono inferiori alla climatologia ligure della zona del Magra secondo quanto pubblicata da Menella (1967).

4.5.3 Inquadramento anemometrico del bacino del fiume Magra

L'inquadramento anemometrico della zona su cui insiste Pitelli è stato sviluppato facendo un'analisi probabilistica della velocità e della direzione media su 10 minuti del vento misurato ogni 3 ore dall'anemometro all'interno della Stazione Elicotteri della Marina Militare nella piana del fiume Magra ed è basato sui dati registrati dall'ITAV (Ispettorato delle Telecomunicazioni e Assistenza al Volo) nel periodo compreso fra il 1970 e il 1996. I dati sono stati preventivamente controllati e corretti.

Analisi probabilistica della popolazione:

Per produrre l'analisi probabilistica della popolazione dei dati, definiamo:

$N_t = 56042$ il numero delle coppie di valori (V, α) che costituiscono la base dati;

$N_0 = 13247$ il numero delle coppie dei valori nulli relativi alle calme di vento;

$N = N_t - N_0 = 42795$ il numero delle coppie dei valori non nulli.

I risultati dell'analisi condotta sono descritti mediante le seguenti Figure.

La Fig. 4.5 illustra l'istogramma delle frequenze per ogni classe di velocità media V .

La Fig. 4.6 illustra, per ciascuno degli $S = 12$ settori analizzati, le frequenze della velocità media V riferite a 3 campi di vento (fino a 5 m/s, tra 5 m/s e 10 m/s, oltre i 10 m/s).

Si noti che il 2° e il 3° settore (tra 30° e 90°) sono scarsamente visibili in quanto la numerosità dei valori di vento all'interno di detti settori è estremamente ridotta.

La Fig. 4.7 illustra invece la funzione di densità di probabilità congiunta di (V, α) in forma polare: i punti del diagramma più interno corrispondono alla velocità media del vento proveniente da un settore ampio 30°, con probabilità di superamento pari all'1%; i punti dei diagrammi più esterni corrispondono nell'ordine a probabilità di superamento pari a 0.1%, 0.01%, 0.001% e 0.0001%. Come si può facilmente notare, i venti dominanti (diagrammi interni) provengono da ovest, nord-ovest e da sud, sud-est.

I venti estremi (diagrammi esterni) giungono invece da nord e da sud con componenti non trascurabili da sud-ovest.

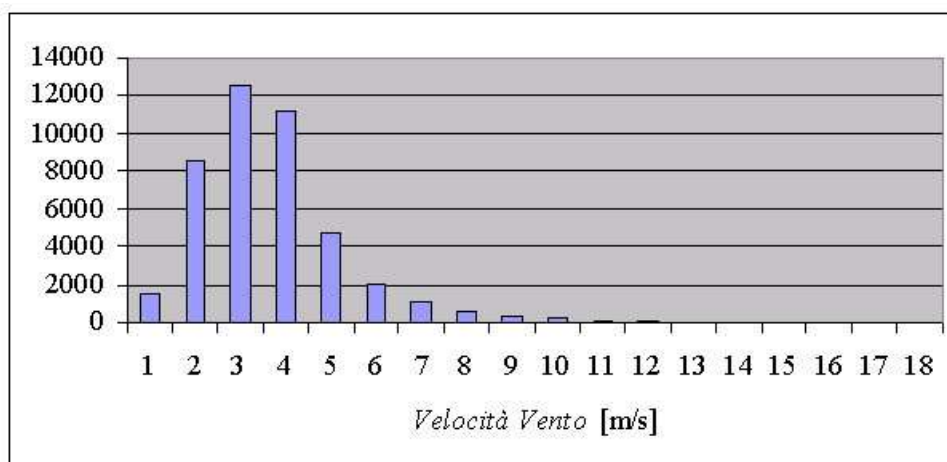


Fig. 4.5 - Istogramma delle frequenze cumulate della velocità media V .

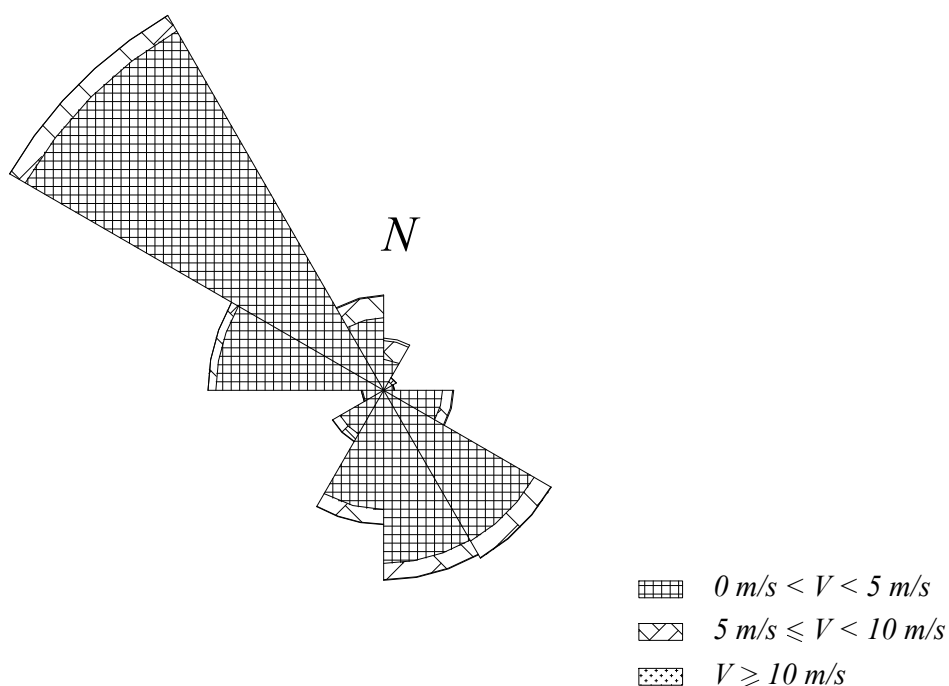


Fig. 4.6 - Distribuzione direzionale della velocità media V per ciascuno degli $S = 12$ settori analizzati.

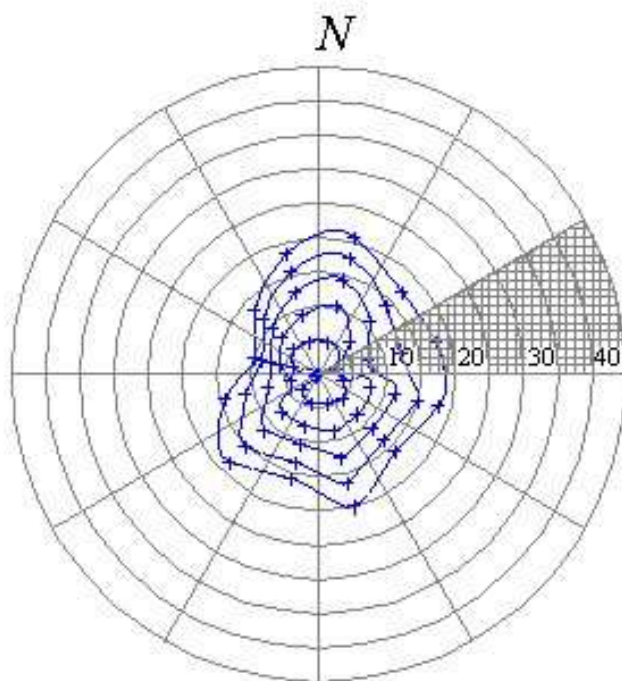


Fig. 4.7 - Diagramma polare della distribuzione di probabilità di (V, α) .

Analisi probabilistica del massimo annuale:

Per produrre l'analisi probabilistica del massimo annuale si è effettuata prima una analisi asintotica [Gumbel, 1958] e poi un'analisi di processo [Lagomarsino et al., 1992 e Gomes et al., 1977].

La Fig. 4.8 riporta i valori della velocità massima annuale V associati a diversi periodi medi di ritorno R . La stessa figura elenca le probabilità di superamento dei suddetti valori nel corso di prefissati periodi di tempo (applicando l'analisi asintotica).

La Fig. 4.9 riassume i risultati dell'analisi asintotica (linea continua) e dell'analisi di processo (linea tratteggiata) esprimendo la velocità media del vento V in funzione del periodo medio di ritorno R . I risultati dimostrano che l'applicazione dei diversi procedimenti dà luogo a soluzioni stabili e sostanzialmente concordanti. In particolare la distribuzione asintotica fornisce soluzioni prudenziali rispetto all'analisi di processo.

R	N	SPEED	RISK OF EXCEEDENCE CORRESPONDING TO PERIOD L (YEARS)									
			1./365.	7./365.	1./12.	1.	10.	50.	100.	500.	1000.	10000.
2.000	0.500	13.57	0.190E-02	0.131E-01	0.561E-01	0.500E+00	0.999E+00	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01
5.000	0.200	15.48	0.611E-03	0.423E-02	0.184E-01	0.200E+00	0.893E+00	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01
10.000	0.100	16.74	0.289E-03	0.200E-02	0.874E-02	0.100E+00	0.651E+00	0.995E+00	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01
20.000	0.050	17.95	0.141E-03	0.974E-03	0.426E-02	0.500E-01	0.401E+00	0.923E+00	0.994E+00	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01
50.000	0.020	19.52	0.554E-04	0.384E-03	0.168E-02	0.200E-01	0.183E+00	0.636E+00	0.867E+00	0.100E+01	0.100E+01	0.100E+01
100.000	0.010	20.69	0.275E-04	0.191E-03	0.837E-03	0.100E-01	0.956E-01	0.395E+00	0.634E+00	0.993E+00	0.100E+01	0.100E+01
200.000	0.005	21.86	0.137E-04	0.952E-04	0.417E-03	0.500E-02	0.489E-01	0.222E+00	0.394E+00	0.918E+00	0.993E+00	0.100E+01
500.000	0.002	23.41	0.549E-05	0.380E-04	0.167E-03	0.200E-02	0.198E-01	0.953E-01	0.181E+00	0.632E+00	0.865E+00	0.100E+01
1000.000	0.001	24.57	0.274E-05	0.190E-04	0.833E-04	0.100E-02	0.996E-02	0.488E-01	0.952E-01	0.394E+00	0.632E+00	0.100E+01
5000.000	0.000	27.28	0.548E-06	0.380E-05	0.167E-04	0.200E-03	0.200E-02	0.995E-02	0.198E-01	0.952E-01	0.181E+00	0.865E+00
10000.000	0.000	28.45	0.274E-06	0.190E-05	0.833E-05	0.100E-03	0.100E-02	0.499E-02	0.995E-02	0.488E-01	0.952E-01	0.632E+00

Fig. 4.8 - Risultati dell'analisi asintotica del massimo annuale di V.

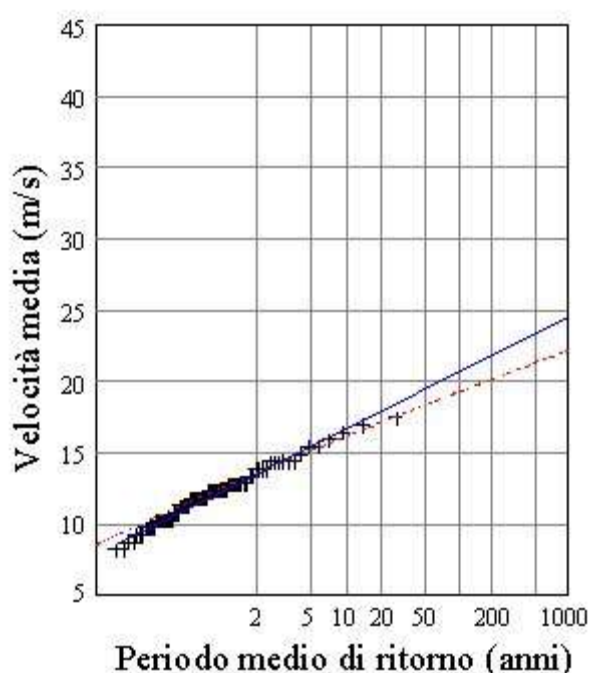


Fig. 4.9 - Distribuzione di probabilità del massimo annuale di V (linea continua = analisi asintotica; linea tratteggiata = analisi di processo).

Riferimenti bibliografici:

- Gomes L., Vickery B.J "On the prediction of extreme wind speeds from parent distribution", J. Ind. Aerod. , n° 2, 1977.
- Gumbel E.J, "Statistic of extremis", Columbia University Press, NY, 1958.
- Lagomarsino S., Piccardo P., e Solari G. "Statistical analysis of high return period wind speeds" J. Wind Engng. Ind. Aerod. , n° 41, 1992.
- Mennella C., "Il clima d'Italia" Vol III, 1967.