



PROVINCIA
DI LODI

Provincia di Lodi

Piano Cave

Relazione geologico-mineraria

Timbro e firma del professionista responsabile



Codice Commessa		Codice Elaborato/Nome File		Numero Elaborato
1882-2020-DF		1882-2020-DF-6A-RTA2		6A
Rev.	Redatto	Verificato (RGC)	Approvato (DT)	Data
01	Gennaro/Fazio/Murgese/Invernizzi/Testa/Bozzer	Fazio	Quaglio	12/2021
02/a	Gennaro/Fazio/Murgese/Invernizzi/Testa/Bozzer	Fazio	Quaglio	12/2023

STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA

Ing. Sandro Gennaro

Fraz. Valmaggioro 79/4 - 14100 ASTI
CF GNNSDR78S22B885T - P.IVA 09052210011
gennarosandro@gmail.com - sandro.gennaro@ingpec.eu
Mob. +39 328 326 97 13

SEAcop STP

Servizi per gli ecosistemi e le attività Agro-forestali e ambientali

SEDI E UFFICI:
C.so Palestro, 9 10122 Torino
Tel: 011/3290001 fax: 011/366844
Corso Italia 9, 12084 Mondovì (CN)
C.F. / P. IVA / C.C.I.A.A.
n. 04299460016
Albo Soc. coop n. A121447

web: www.seacoop.com
mail: info@seacoop.com



**STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE
E MINERARIA**

Ing. Sandro Gennaro

Fraz. Valmaggiora 79/4 - 14100 ASTI
CF GNNSDR78S22B885T - P.IVA 09052210011
gennarosandro@gmail.com -
sandro.gennaro@ingpec.eu
Mob. +39 328 326 97 13

SEAcop STP

Servizi per gli ecosistemi e le attività Agro-forestali e ambientali

SEDI E UFFICI:
C.so Palestro, 9 10122 Torino
Tel: 011/3290001 fax: 011/366844
Corso Italia 9, 12084 Mondovì (CN)
C.F. / P. IVA / C.C.I.A.A.
n. 04299460016
Albo Soc. coop n. A121447

web: www.seacoop.com
mail: info@seacoop.com



INDICE

1	ANALISI DEL CONTESTO TERRITORIALE.....	5
1.1	Inquadramento della Provincia di Lodi	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	8
2.1	Inquadramento geologico e geomorfologico.....	8
2.2	Inquadramento pedologico	10
2.1	Acque Sotterranee	16
2.1.1	Assetto Idrogeologico	16
2.1.2	Stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei.....	17
3	ANALISI DELLE RISORSE.....	20
3.1	Risorse potenziali	22
4	ALLEGATI	24
	Carta Geologica (1:50.000).....	24
	Carta Idrogeologica (1:50.000).....	24
	Carta delle Risorse (1:50.000)	24

1 Analisi del contesto territoriale

Le informazioni di seguito riportate sono state ricavate in parte da base dati regionale (Geoportale Regione Lombardia, ARPA Lombardia), in parte da studi di settore provinciale (Camera di Commercio di Lodi), da dati ISTAT, oltre che dai Rapporti sullo Stato dell'Ambiente (RSA), sia regionali sia provinciali.

1.1 Inquadramento della Provincia di Lodi

La provincia di Lodi, che occupa una superficie di 783,25 km², si colloca nel settore meridionale della Lombardia e confina con le province di Pavia e Cremona, la Città Metropolitana di Milano e la regione Emilia-Romagna (Provincia di Piacenza).



Figura 1 – Localizzazione della Provincia di Lodi

Si compone oggi di 60 Comuni: il più grande è il capoluogo Lodi, città di circa 45.000 abitanti. Di seguito vengono elencati e rappresentati cartograficamente i Comuni.

Abbadia Cerreto	Corno Giovine	Orio Litta
Bertonico	Cornovecchio	Ospedaletto Lodigiano
Boffalora d'Adda	Corte Palasio	Ossago Lodigiano
Borghetto Lodigiano	Crespiatica	Pieve Fissiraga
Borgo San Giovanni	Fombio	Salerano sul Lambro
Brembio	Galgagnano	San Fiorano
Casaleggio Lodigiano	Graffignana	San Martino in Strada
Casalmajocco	Guardamiglio	San Rocco al Porto
Casalpusterlengo	Livraga	Sant'Angelo Lodigiano
Caselle Landi	Lodi	Santo Stefano Lodigiano
Caselle Lurani	Lodi Vecchio	Secugnago
Castelgerundo	Maccastorna	Senna Lodigiana
Castelnuovo Bocca d'Adda	Mairago	Somaglia
Castiglione d'Adda	Maleo	Sordio
Castiraga Vidardo	Marudo	Tavazzano con Villavesco
Cavenago d'Adda	Massalengo	Terranova dei Passerini
Cervignano d'Adda	Meleti	Turano Lodigiano
Codogno	Merlino	Valera Fratta
Comazzo	Montanaso Lombardo	Villanova del Sillaro
Corneglianense	Mulazzano	Zelo Buon Persico

Tabella 1 – Elenco Comuni della Provincia di Lodi

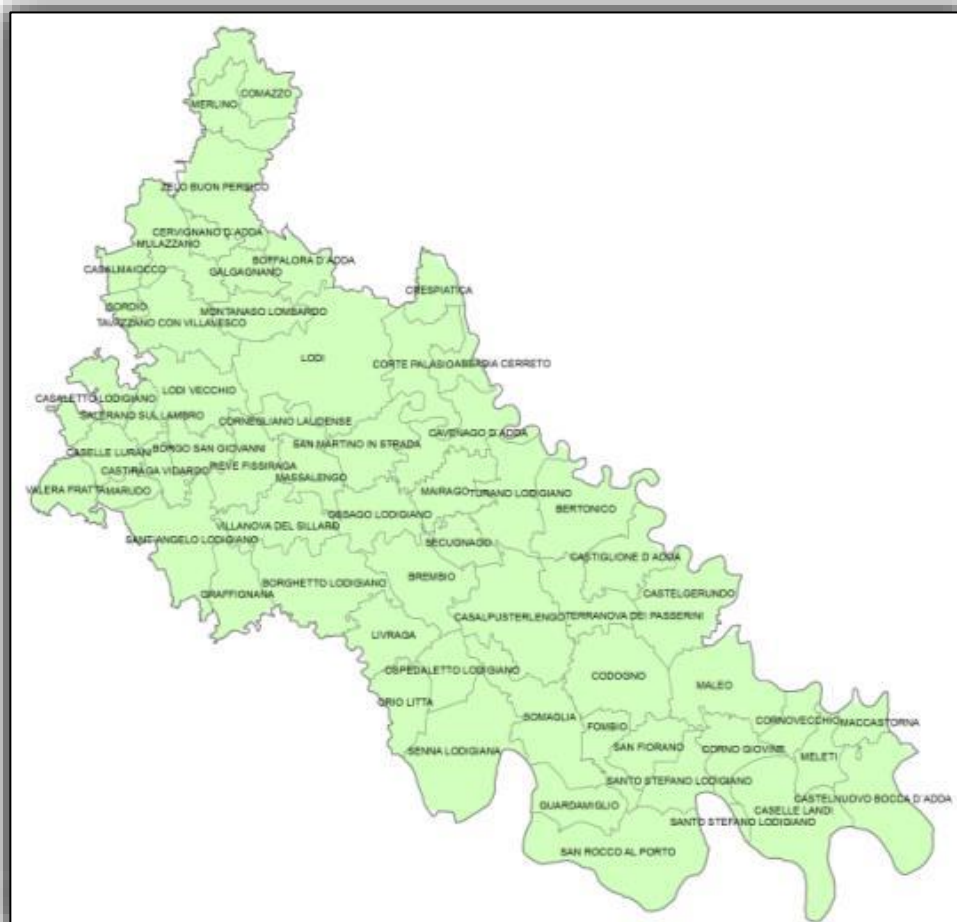


Figura 2- Localizzazione Comuni facenti parte della Provincia di Lodi (Fonte dati: Geoportale Regione Lombardia)

Il territorio provinciale è limitato a sud dal fiume Po, ad est dal fiume Adda e ad ovest dal fiume Lambro. Solo limitate porzioni del territorio occupano, in corrispondenza del settore centro-settentrionale, aree poste in sponda sinistra idrografica dell'Adda ed in sponda destra idrografica del Lambro. Al reticolo idrografico naturale si sovrappone un capillare reticolo artificiale di canali estremamente articolato e complesso.

Il territorio provinciale è in pianura per tutta la sua estensione, non presentando rilievi se non sporadiche zone di lieve pendenza collinare nella zona ad ovest, dove scorre il fiume Lambro. Questa morfologia fa del territorio lodigiano uno dei più importanti centri italiani per agricoltura e allevamento, tanto da costituire un polo di livello europeo nel settore zootecnico: il territorio ospita circa 1.600 attività agricole, nella maggior parte dei casi dotate di un patrimonio zootecnico.

Escludendone la parte periurbana, in cui l'attività agricola ha un ruolo marginale in termini socio-economici, il territorio in questione presenta una bassa densità abitativa, con prevalente destinazione agricola della superficie (82%).

Lungo tutto il confine est con la Provincia di Cremona si pone il Parco Regionale dell'Adda sud. Il Parco, istituito con legge regionale n. 81/83, ha una superficie complessiva di 24.260 ettari, di cui 15.609 ha in territorio lodigiano.

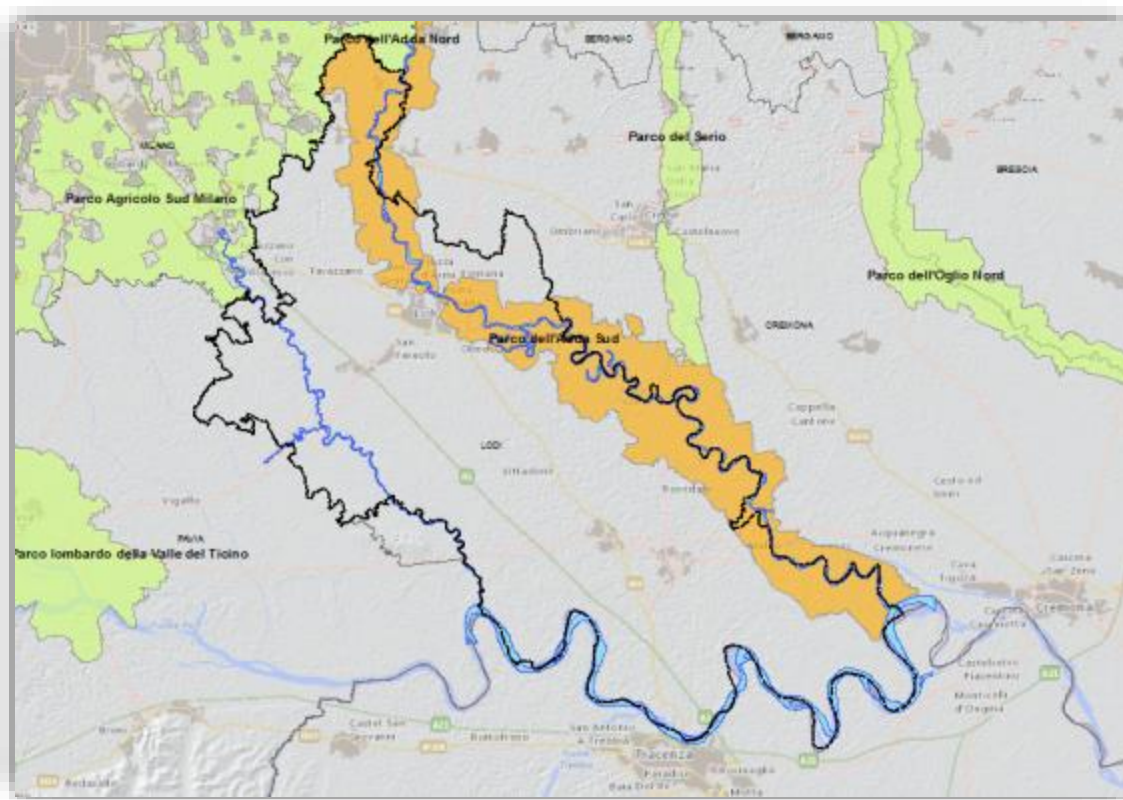


Figura 3 - Localizzazione del Parco Adda Sud

2 Inquadramento geologico generale

Le caratteristiche geologiche, litologiche e geomorfologiche del territorio lodigiano sono dovute ai processi di deposizione fluviale che hanno portato alla formazione della pianura padana. Lo spessore dei depositi alluvionali è variabile in funzione della morfologia del substrato: da valori di alcune centinaia di metri diminuisce sino ad annullarsi in prossimità dei rilievi collinari di San Colombano al Lambro, dove emerge il substrato.

Le testimonianze più antiche sono rappresentate da due ordini di terrazzi sopraelevati rispetto al terrazzo principale, residui delle piane alluvionali che hanno portato alla deposizione del Livello Fondamentale della Pianura. Tali depositi sono rinvenibili nella parte meridionale della provincia di Lodi e al margine settentrionale del complesso collinare di San Colombano al Lambro, che costituisce un rilievo isolato di origine tettonica.

Il Livello Fondamentale della Pianura, che occupa la maggior parte del territorio provinciale, è costituito da depositi fluvioglaciali e fluviali riferibili all'ultimo periodo glaciale; i sedimenti, poco selezionati e ricchi di matrice, presentano un'estrema variabilità spaziale di facies, legata ai processi di deposizione, con una graduale diminuzione della granulometria da nord verso sud. Infine, in tempi più recenti, il terrazzo principale è stato inciso dai grandi fiumi (Po, Adda e Lambro) che delimitano la provincia di Lodi e che hanno portato alla deposizione delle Alluvioni terrazzate e successivamente delle Alluvioni recenti ed attuali caratterizzate da depositi sciolti, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi.

Pur tenendo conto che i depositi sono caratterizzati da un'estrema variabilità spaziale delle facies, è possibile a scala provinciale individuare aree omogenee dal punto di vista litologico; in generale, nei depositi alluvionali si riscontra una diminuzione della granulometria da monte a valle, rispetto alla direzione del corso d'acqua che ha dato origine alla deposizione dei sedimenti. In particolare, depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi caratterizzano la parte settentrionale del territorio provinciale, la valle attuale dell'Adda e l'alveo del Po, mentre le sabbie caratterizzano le alluvioni terrazzate dell'Adda e le zone esterne alle aree golenali del Po. Nella valle del Lambro sono presenti depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi e subordinatamente sabbioso-limosi, limosi ed argillosi, mentre frazioni sabbiose e sabbioso-limose prevalgono nella bassa pianura lodigiana.

I sedimenti più fini, depositati in ambienti di ristagno d'acqua e palustre, sono localizzati prevalentemente nel settore centrale della provincia, in particolare sedimenti per lo più limosi, limoso-sabbiosi e limoso-argillosi sono presenti nella zona settentrionale a Tavazzano con Villavesco, ad Ovest della Valle del Lambro e tra Ossago Lodigiano e Castiglione d'Adda. Depositati limosi ed argillosi delle alluvioni terrazzate e recenti sono rilevabili a Sant'Angelo Lodigiano, mentre estesi sedimenti argillosi e torbosi di ambiente palustre sono presenti all'interno delle Alluvioni terrazzate dell'Adda.

2.1 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il territorio provinciale ricade all'interno dei Fogli n. 45 (Milano), 46 (Treviglio), 59 (Pavia) e 60 (Piacenza) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. I fogli segnalano la presenza di depositi ghiaioso sabbiosi con intercalazioni limoso argillose di origine fluvioglaciale (Pleistocene), incisi dall'attività del reticolo idrografico recente, la cui azione ha portato alla deposizione di materiali in prevalenza ghiaioso sabbiosi, che segnano l'alveo dei corsi d'acqua principali.

Dal punto di vista geologico, il territorio della Provincia di Lodi si inserisce nel quadro stratigrafico ed evolutivo del bacino sedimentario terziario della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1981; Castiglioni et al., 1997; Marchetti, 2001; Regione Lombardia – Eni Divisione Agip, 2002). Questa è costituita prevalentemente da depositi sciolti o cementati costituiti da sedimenti riferibili ad ambienti dap-

prima marini (depositi torbiditici e bacinali di mare profondo, Pliocene), successivamente transizionali (litorali e deltizi, Pliocene sup. – Pleistocene Inf.) e infine continentali di piana fluvioglaciale e/o fluviale (Pleistocene medio – Olocene).

Dal punto di vista geomorfologico, la porzione prevalente è costituita da una superficie pianeggiante (Livello Fondamentale della Pianura Auct.) delimitata dalle incisioni vallive dei fiumi Lambro (a Ovest), Po (a Sud) e Adda (ad Est), dalle quali è separata da un terrazzo principale di erosione quasi continuo.

Di seguito sono elencati i “Domini Fisiografici” (aree omogenee individuate per mezzo di elementi geologici riconoscibili su base morfologica) in cui è stato suddiviso il territorio provinciale:

- **Valle Attuale del Po**

La valle del Po, con direzione W-E, è depressa rispetto al Livello Fondamentale della Pianura di 6-10 m; l'argine maestro, gli argini golenali e altri interventi di difesa spondale, contengono i fenomeni di erosione e moderano le divagazioni dell'alveo.

Il Dominio si caratterizza per la presenza di depositi sciolti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi nei quali la frazione sabbiosa risulta sempre più abbondante procedendo verso valle (Est) e corrisponde al settore lungo cui attualmente scorre il Fiume Po. Quest'ultimo presenta un andamento meandri-forme, con tendenza alla migrazione laterale, come testimoniato da forme relitte riconoscibili nel paesaggio circostante (es. meandri abbandonati, paleomeandri).

Nella Valle Attuale del Po, le tracce più importanti della presenza e dell'azione antropica sono rappresentate dalle imponenti opere idrauliche, realizzate per il contenimento delle disastrose piene del Po e dalla rete di canali e colatori di bonifica ideata per raccogliere le acque di drenaggio superficiale.

- **Valle Attuale dell'Adda**

La valle dell'Adda, con direzione NW-SE, depressa mediamente di 10 m rispetto al Livello Fondamentale della Pianura, è caratterizzata da una marcata asimmetria ed inoltre, le dimensioni dell'alveo attuale sono notevolmente ridotte rispetto all'ampiezza della valle.

Il Dominio è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali recenti ed antichi (Olocene) con termini prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi e subordinatamente sabbiosi e sabbiosolimosi, con una generale tendenza alla diminuzione del diametro medio dei clasti procedendo verso valle. Il fondovalle è occupato da alluvioni terrazzate di almeno tre ordini: alluvioni attuali e recenti, che costituiscono i terrazzi più prossimi al fiume, costituite da depositi prevalentemente ghiaiosi; “alluvioni terrazzate” di età olocenica, ghiaioso-sabbiose; alluvioni terrazzate antiche, costituite da ghiaie sabbiose deposte nel corso di una fase deposizionale antica, post-glaciale.

La Valle Attuale dell'Adda è costituita da una vasta area, depressa mediamente di 10 m rispetto al Livello Fondamentale della Pianura, all'interno della quale si riconoscono diversi ordini di terrazzi fluviali discontinui. Si osserva una variazione del regime idrografico del fiume Adda spostandosi da Nord a Sud: è evidente la graduale transizione da un fiume a canali intrecciati (braided) ad un fiume meandri-forme. La Valle Attuale dell'Adda presenta, oltre a numerosi alvei abbandonati, una notevole abbondanza di tracce di idrografia abbandonata, quali paleoalvei, dossi fluviali e zone paludose.

- **Valle Attuale del Lambro**

La valle del Lambro, con direzione NW-SE, è depressa mediamente di 10 m rispetto al Livello Fondamentale della Pianura; il fiume scorre incassato rispetto allo stretto fondovalle, simmetrico, ter-

razzato. Anche nella valle del Lambro, la morfologia del terrazzo principale e degli altri ordini di terrazzi è stata modificata dall'azione antropica.

Il Dominio è caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali delle alluvioni da recenti ad antiche (oloceniche) con termini prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, e subordinatamente sabbioso-limosi, limosi ed argillosi.

Il Fiume Lambro presenta un pattern di drenaggio meandriforme e la sua configurazione denota uno stadio di maturazione ormai avanzato. L'alveo è ben delineato nella sua morfologia ed incanalato nel sistema dei suoi terrazzamenti: il fiume scorre in un fondovalle stretto e incassato, depressa di circa 10 m rispetto al Livello Fondamentale della Pianura e pressoché simmetrico. Tracce di idrografia abbandonata sono raramente riconoscibili, anche perché spesso sono stati cancellati dall'intervento antropico.

- **Livello Fondamentale della Pianura (LFP) Auct.**

Il Livello Fondamentale della Pianura occupa la maggior parte del territorio provinciale, comprendendo l'intero settore centrale tra le Valli Attuali del Po, dell'Adda e del Lambro, nonché un'ampia area situata in destra idrografica del Fiume Lambro.

I sedimenti che formano il Livello Fondamentale includono litotipi diversi (sabbiosi, sabbioso-limosi, subordinatamente ghiaiosi e localmente limosi, limoso-sabbiosi e limoso-argillosi, depositati in ambienti di ristagno d'acqua), distribuiti in modo piuttosto irregolare. In generale, i depositi si presentano poco selezionati e piuttosto ricchi di matrice. Inoltre, si può osservare una graduale diminuzione della granulometria dei sedimenti da Nord a Sud.

Il Livello Fondamentale della Pianura è una superficie sub-pianeggiante inclinata verso SSE e caratterizzata da pendenze inferiori a 0,2 % nella parte settentrionale e a 0,15 % nel settore meridionale. L'attuale morfologia del Livello Fondamentale risente sicuramente dell'azione antropica, attraverso opere di livellamento, bonifica e canalizzazione dei corsi d'acqua naturali tese ad ottimizzare lo sfruttamento agricolo del territorio. È possibile riconoscere una notevole quantità di tracce di idrografia abbandonata, sotto forma di una fitta rete di paleoalvei sovrapposti, spesso meandriformi.

- **Terrazzi Antichi**

Tale Dominio è costituito da alcuni rilievi isolati all'interno del Livello Fondamentale della Pianura, identificabili come "Terrazzi Antichi", che costituiscono una testimonianza molto importante di antiche fasi di costruzione della pianura: il complesso collinare di San Colombano, in cui affiorano sedimenti marini costituiti da marne con intercalazioni arenacee ed argillose ed altri due rilievi isolati, di estensione più limitata, attribuibili al fluvioglaciale del Mindel e caratterizzati dalla presenza di orizzonti ferrettizzati spessi alcuni metri.

2.2 Inquadramento pedologico

Le caratteristiche dei suoli sono dipendenti, oltre che dalla natura litologica dei depositi, dall'età di deposizione e dall'intensità dei processi pedogenetici a loro volta legati alle condizioni climatiche che si susseguono nel corso della formazione del suolo. Il fattore principale che influenza la distribuzione dei suoli nel territorio provinciale è rappresentato, a grandi linee, dall'età della deposizione dei sedimenti e, secondariamente, dall'intensità dei processi di erosione susseguenti. La relazione tra l'età dei sedimenti e l'intensità dei processi pedogenetici consente di delineare infatti una vera e propria cronosequenza, cioè una sequenza di varie tipologie di suoli nella loro specifica successione nel tempo, all'interno dei quali il grado di sviluppo dei suoli aumenta in concomitanza con l'aumentare dell'età delle diverse deposizioni.

La Carta Pedologica in scala 1:250.000 della Regione Lombardia rappresenta la distribuzione spaziale dei suoli nel territorio in base ai principali caratteri funzionali. Per il territorio provinciale di Lodi vengono riconosciute 5 principali tipologie di suolo, sulla base del sistema tassonomico World Reference Base (WRB):

- CM – Cambisols (suoli all’inizio della loro formazione, con debole differenziazione in orizzonti), localizzati lungo la Valle dell’Adda e del Po e lungo il paleoalveo meandriforme del cavo Sillaro;
- FL – Fluvisols (suolo geneticamente giovane, all’interno di depositi alluvionali), costituenti i terrazzi più prossimi all’attuale corso dei fiumi Po ed Adda;
- GL – Gleysols (suoli tipici di zone con problemi di drenaggio), costituenti i depositi dei paleomeandri del fiume Po, in posizione concentrica all’interno delle “anse” del terrazzo principale;
- LV- Luvisols (suolo caratterizzato da un accumulo superficiale di humus che sovrasta uno strato ampiamente dilavato, quasi privo di argilla e di minerali contenenti ferro; sotto questo si trova uno strato di accumulo di argilla che ha livelli elevati di ioni nutrienti disponibili comprendenti calcio, magnesio, sodio e potassio), costituenti il settore di pianura centrale della provincia;
- RG – Regosols (terreno minerale, debolmente sviluppato, in materiali non consolidati), localizzati lungo il corso del fiume Lambro.

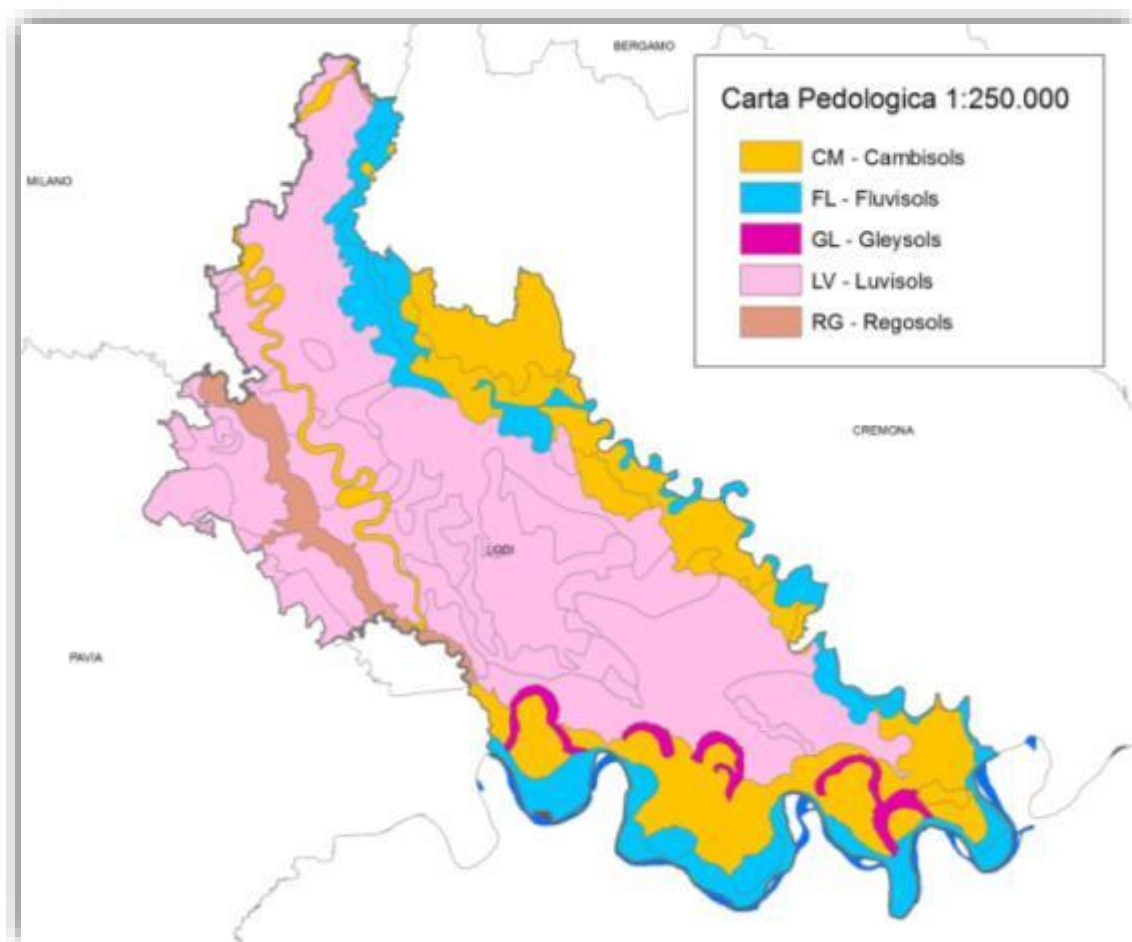


Figura 4– Carta dei Suoli in scala 1:250.000 (Fonte dati: Geoportale della Regione Lombardia – Dati ERSAF)

Il suolo è un elemento fondamentale del paesaggio: contribuisce alla variabilità degli ambienti che ci circondano e che ci sostengono, al pari di altri elementi, quali le acque, la vegetazione, la morfologia. La strutturazione nel rilevamento pedologico di semi-dettaglio della Lombardia risulta suddivisa in quattro livelli, progressivamente più specifici: sistema, sottosistema, unità e sottounità di pedopaesaggio.

La Carta Pedologica (scala 1:50.000) della Regione Lombardia mostra, per il territorio lodigiano, la presenza di 5 differenti Sottosistemi, ovvero suoli che denotano una matrice genetica e processi di formazione che li accomunano e differenziano in modo significativo dagli altri, appartenenti ai seguenti Sistemi:

- L - Piana proglaciale würmiana ("Livello Fondamentale della Pianura"), esterna alle cerche costruite dalle morene frontali;
- T - Superfici terrazzate del Pleistocene medio-superiore, emergenti dalla piana proglaciale würmiana;
- V - Valli fluviali corrispondenti ai piani di divagazione, attivi o fossili, dei corsi d'acqua dell'attuale reticolo idrografico (Olocene).

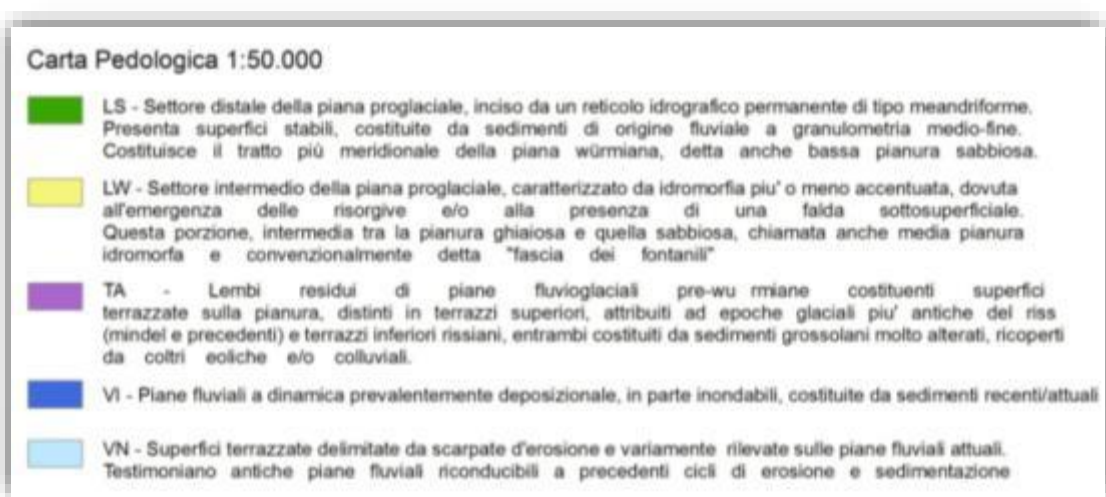
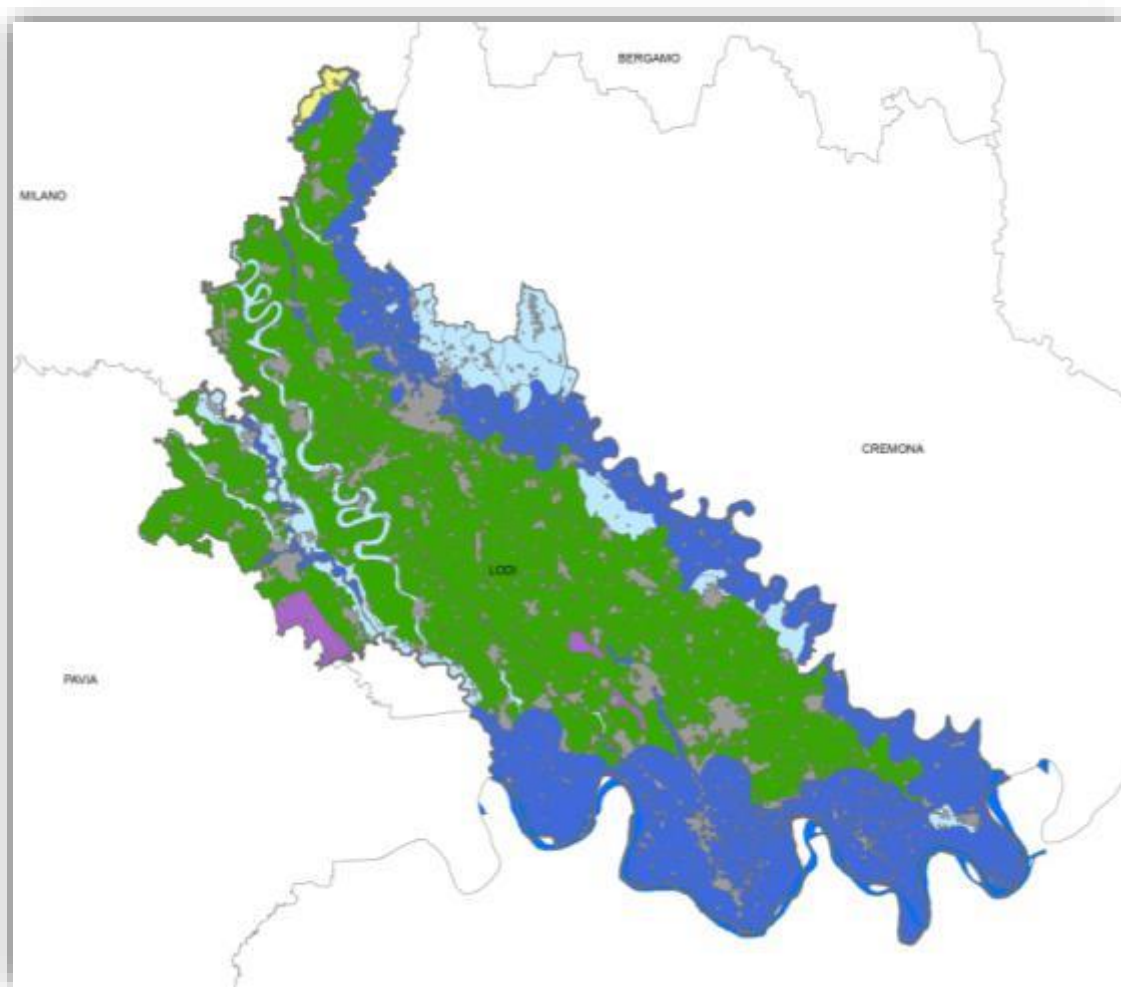


Figura 5– Carta dei Suoli in scala 1:50.000 (Fonte dati: Geoportale della Regione Lombardia – Dati ERSAF)

I suoli, a seconda delle loro caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, svolgono un ruolo di filtro che può limitare o impedire il trasferimento di sostanze inquinanti nel sottosuolo e quindi nelle acque sotterranee, che viene definito come “Capacità protettiva dei suoli verso le acque sotterranee”.

I suoli a bassa capacità protettiva nei confronti delle acque sotterranee hanno una permeabilità elevata, essendo caratterizzati in genere da una granulometria grossolana, sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, e/o sono interessati da falde e fenomeni di idromorfia in prossimità della superficie. Nella pianura lodigiana questi suoli sono prevalentemente concentrati nella zona delle risorgive e nelle valli fluviali.

La capacità protettiva è invece elevata dove i suoli hanno una tessitura più fine, sono meno permeabili ed hanno una maggiore capacità di filtro, condizioni che si verificano prevalentemente sulle superfici moreniche e terrazzate antiche localizzate tra il Ticino e l'Adda e nella porzione sud-orientale della pianura. Spesso, peraltro, le caratteristiche, quali pendenza o bassa permeabilità, che rendono i suoli protettivi nei confronti delle acque sotterranee, favoriscono invece i movimenti laterali delle acque, determinando una minore capacità di protezione delle risorse idriche di superficie: per questa ragione le carte della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque sotterranee tendono frequentemente ad assumere un aspetto che è complementare a quello delle carte riferite alla capacità protettiva nei confronti delle acque superficiali.

Di seguito viene riportata la carta della capacità protettiva dei suoli nei confronti delle acque profonde (Fonte: ERSAF – Regione Lombardia). Come si può evincere dalla cartina gran parte del territorio lodigiano (43%) è caratterizzato da una capacità protettiva moderata, dovuta alle caratteristiche tessiturali e alla profondità della falda compresa tra 100 e 50 cm.

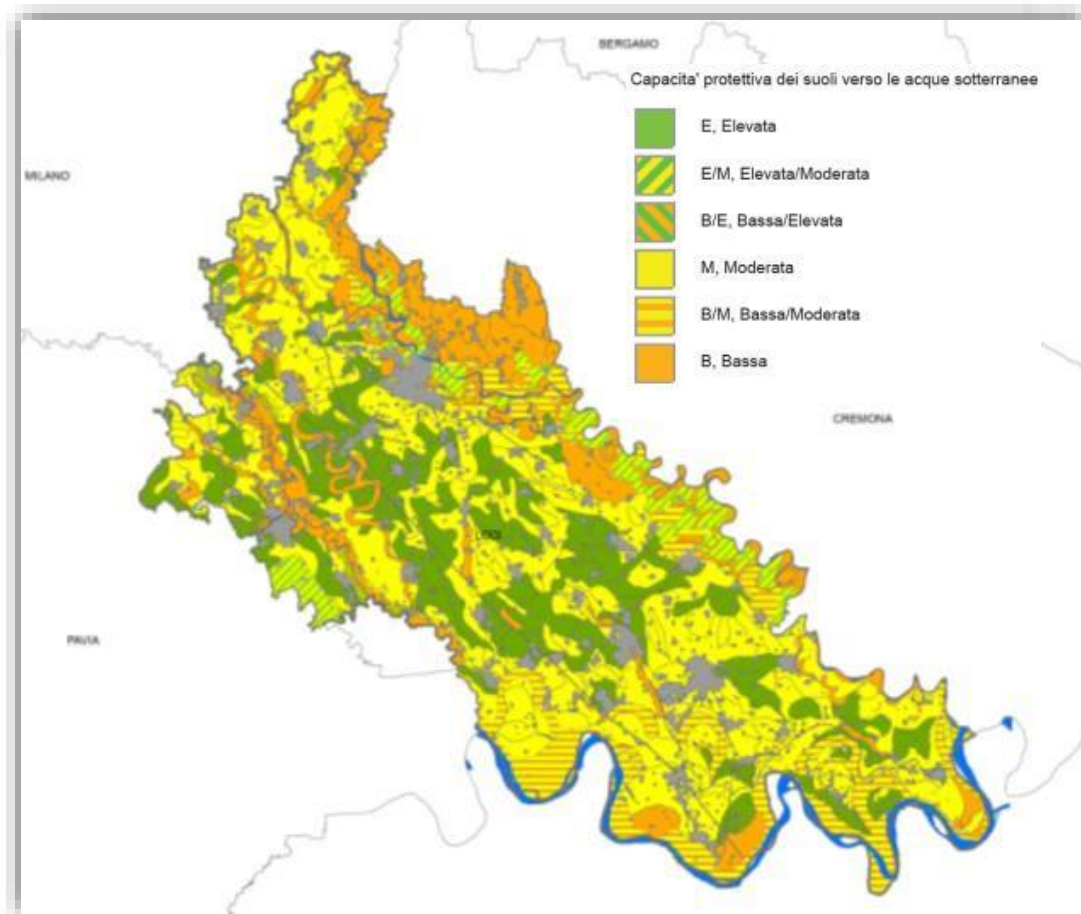


Figura 6 – Elaborazione relativa alla Capacità Protettiva del suolo verso le acque sotterranee (Fonte dati: ERSAF)

La valutazione della capacità d'uso di un suolo è finalizzata alla definizione dell'intensità massima di utilizzo compatibile con le esigenze di conservazione delle risorse pedologiche del suolo stesso. Tale

interpretazione si basa sull'esame delle caratteristiche intrinseche del suolo (profondità, tessitura, pietrosità ecc.) e di quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità ecc.).

Il sistema di valutazione è articolato in otto classi di capacità, caratterizzate da limitazioni d'uso crescenti. Le prime quattro classi sono compatibili con l'uso sia agricolo che forestale e zootecnico; le classi dalla quinta alla settima devono ritenersi precluse all'uso agricolo. Nelle aree appartenenti all'ultima classe, l'ottava, non è possibile alcuna forma di utilizzazione produttiva.

La Carta della Capacità d'uso dei suoli esclude tutte le aree di "non suolo" (aree antropizzate, affioramenti rocciosi, aree umide, corpi idrici). Nella figura seguente è rappresentata la distribuzione delle diverse classi di suolo nel territorio, riassumibili come di seguito per quanto riguarda le principali limitazioni registrate.

- Suoli di I classe: i suoli appartenenti alla prima classe non presentano nel complesso delle limitazioni d'uso. Ricadono in questa classe alcuni suoli del livello fondamentale della pianura, caratterizzati da elevata profondità, buon drenaggio e favorevoli proprietà chimiche. Questi suoli occupano nel complesso circa l'11% dell'area indagata.
- Suoli di II classe: i suoli di questa classe presentano moderate limitazioni che riducono la scelta delle colture o richiedono particolari pratiche di conservazione. Le limitazioni possono consistere in: profondità moderata, drenaggio mediocre o moderatamente rapido, pendenze variabili dal 2 al 10%, moderata fertilità dell'orizzonte superficiale. I suoli di II classe occupano nel complesso circa il 31% della superficie totale delle delimitazioni pedologiche.
- Suoli di III classe: questi suoli presentano severe limitazioni che riducono la scelta delle colture o richiedono particolari pratiche di conservazione. Le limitazioni consistono principalmente in scarsa profondità, tessitura sfavorevole dell'orizzonte di superficie, nel drenaggio lento, in un moderato rischio di inondazione oppure in una limitata capacità in acqua disponibile. I suoli di III classe occupano nel complesso circa il 16% dell'area rilevata.
- Suoli di IV classe: i suoli di IV classe hanno limitazioni molto forti che restringono ulteriormente la scelta delle colture e richiedono una gestione molto accurata. Nell'area rilevata le limitazioni principali possono essere legate ad una pendenza compresa fra il 20 ed il 35%, a un drenaggio molto lento o rapido, all'alto rischio di inondazione oppure alla bassa capacità in acqua disponibile. La superficie occupata dai suoli ricadenti in questa classe è pari a circa il 12% dell'area indagata.
- Suoli di V classe: i suoli di questa classe presentano limitazioni difficilmente eliminabili, che ne precludono l'uso agricolo. La loro principale limitazione è legata, nell'area in esame, al rischio di inondazione molto alto, sovente associato ad altre limitazioni rilevanti, quali profondità scarsa o drenaggio molto lento o impedito. Rientrano in questa classe i suoli delle aree prossime a corsi d'acqua, per una superficie pari a circa il 3% dell'area totale.

La restante porzione di territorio è rappresentata dalle aree di "non suolo", per cui non viene calcolata la Classe di Capacità d'Uso (aree cartografate in grigio).

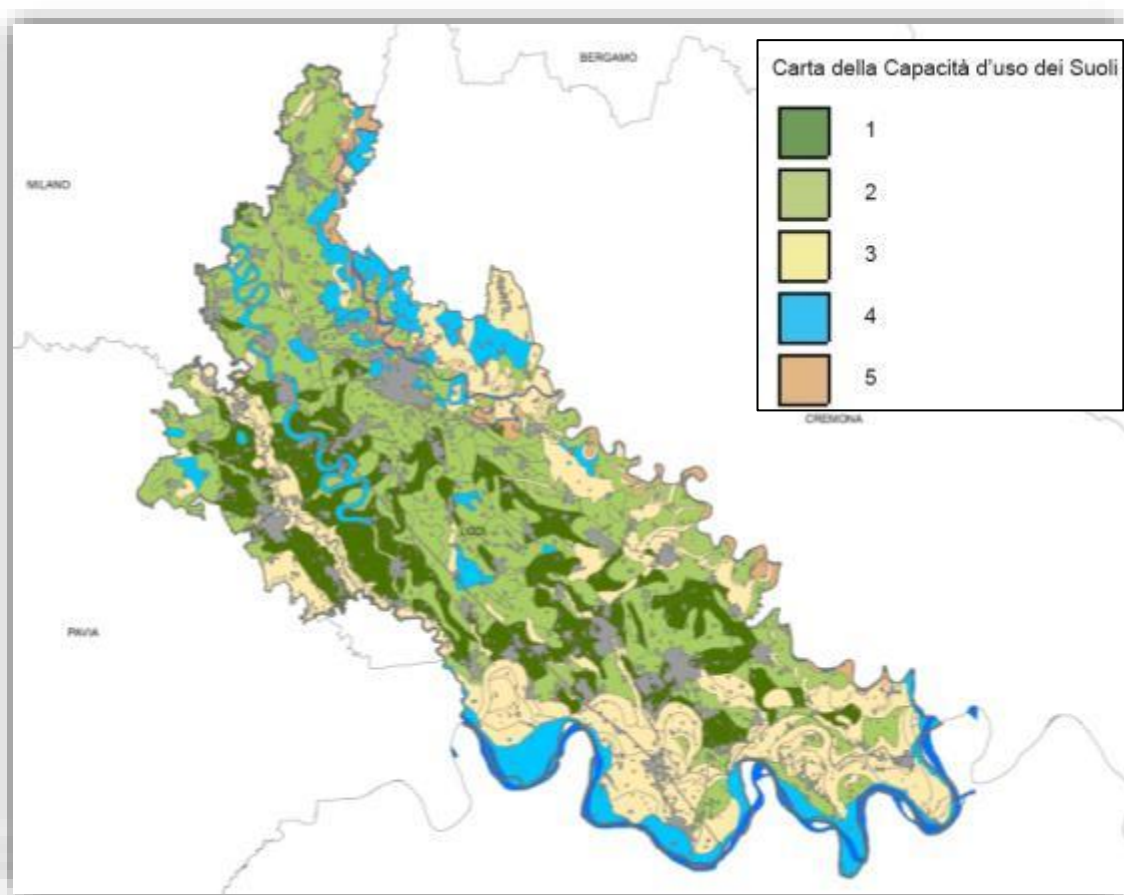


Figura 7 – Elaborazione relativa alla Classe di Capacità d'Uso del suolo (Fonte dati: ERSAF)

2.1 Acque Sotterranee

2.1.1 Assetto Idrogeologico

A livello di inquadramento idrogeologico, il Piano di Tutela delle Acque della Regione Lombardia del 2016 identifica nel sottosuolo della Provincia di Lodi due principali idrostrutture: una superficiale (ISS), che ospita una falda, intimamente legata al regime delle portate dei corsi d'acqua, ed un'idrostruttura intermedia (ISI). I due corpi sono separati da un livello di depositi a bassa permeabilità e di spessore variabile, ma che comunque è presente con continuità per tutto il territorio. Il deflusso della falda superficiale è connesso al reticolo idrografico superficiale, che nei periodi di piena esercita un'azione di alimentazione, mentre in quelli di magra drena le acque sotterranee. Altro elemento di condizionamento localizzato è rappresentato dalla presenza di paleo-meandri, la cui genesi è connessa alla divagazione laterale dei corsi d'acqua principali. La permeabilità delle idrostrutture è primaria per porosità, generalmente da media a elevata, è variabile in funzione della granulometria dei sedimenti e del loro grado di compattazione. Al di sotto della ISI è presente l'Idrostruttura Profonda (ISP), costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi confinati, i cui limiti coincidono con la base dell'ISS nella parte alta di pianura lombarda e dell'ISI nella parte medio bassa (top) e con i confini delle idrostrutture di pianura a nord, a ovest e a est. L'ISP costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura.

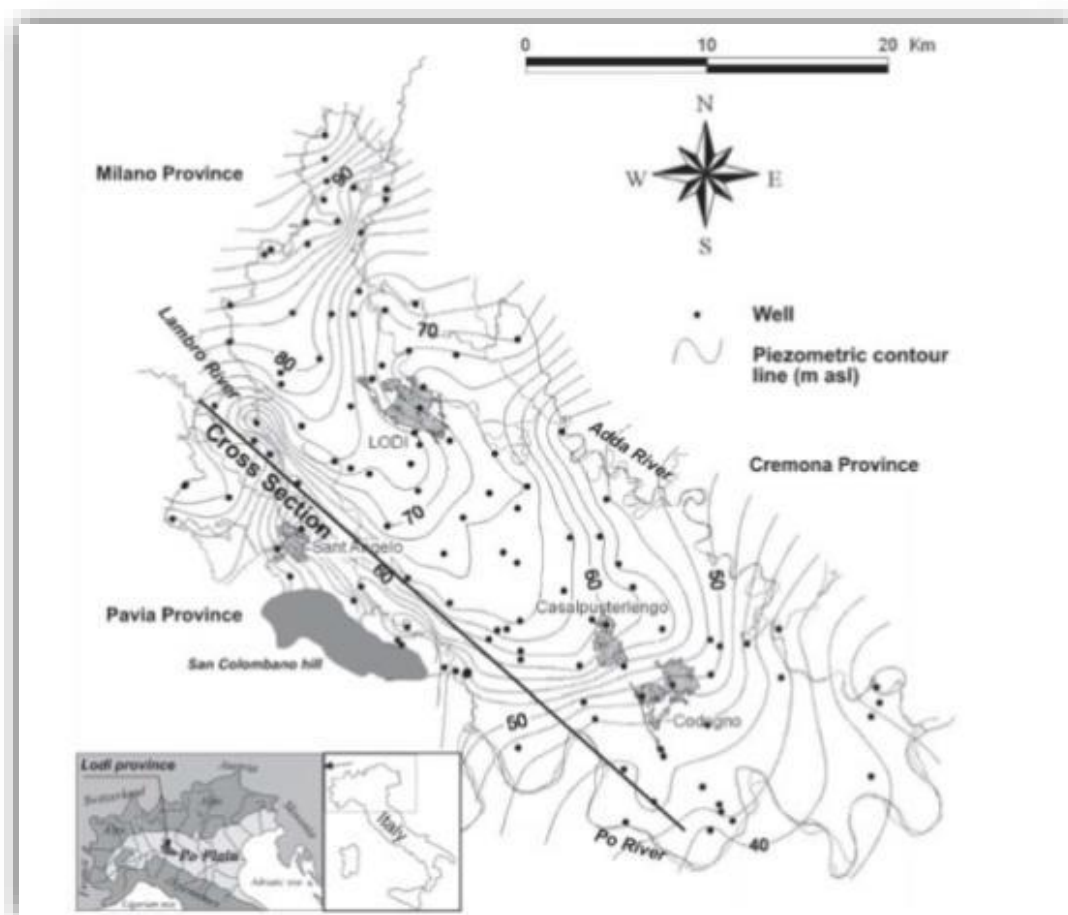


Figura 8 – Carta Piezometrica del Lodigiano (Fonte dati: Rapporto Annuale 2012 sullo stato delle acque sotterranee della Provincia di Lodi)

Come meglio evidenziato nella Carta Idrogeologica in Allegato alla presente relazione, la falda superficiale presenta una direzione di deflusso prevalente verso sud-est, con localizzate divagazioni in corrispondenza dei terrazzi antichi nella zona di Casalpusterlengo. Il gradiente idraulico si mantiene pressoché costante fino all'altezza di Codogno, per aumentare in corrispondenza del terrazzo morfologico che borda il margine settentrionale della "Valle Attuale del Po". In corrispondenza dei Fiumi Adda e Lambro, la convergenza delle linee isopiezometriche evidenzia l'azione drenante operata dai due corsi d'acqua.

La soggiacenza della falda superficiale risulta generalmente ridotta, con valori ridotti in corrispondenza della "Valle Attuale dell'Adda" e della "Valle Attuale del Po". Un altro settore caratterizzato da soggiacenza ridotta è presente lungo una fascia allungata con direzione NW-SE tra i comuni di Mulazzano e Casalpusterlengo. La soggiacenza della falda è condizionata anche dagli apporti superficiali della rete di canali irrigui, che nel periodo di irrigazione esercitano una funzione alimentante.

2.1.2 Stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei

Lo stato qualitativo delle acque sotterranee è valutabile in funzione di due aspetti principali: la vulnerabilità dell'acquifero superficiale a fenomeni di inquinamento; i dati delle misurazioni condotte nell'ambito dell'attività di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei.

Relativamente al primo aspetto, un elemento rilevante è rappresentato dalla soggiacenza ridotta della falda libera, unita alla capacità protettiva dei suoli dai fenomeni di inquinamento superficiale,

che raggiungono la falda per fenomeni di infiltrazione. Quest'ultima caratteristica è intimamente legata alla permeabilità dei livelli superficiali e quindi al contenuto in argilla e limo.

Le valutazioni condotte per la redazione del precedente Piano Cave della Provincia di Lodi (2005) indicano una situazione caratterizzata da un livello di vulnerabilità generalmente elevato. Localmente una marcata riduzione del livello di protezione dei materiali superficiali porta ad un grado di vulnerabilità molto elevato, come per il settore posto tra Lodi e Massalengo, in alcune zone del settore settentrionale della provincia a nord di Cervignano d'Adda o nella "Valle Attuale del Po", in prossimità del fiume stesso.

Condizioni sito-specifiche si traducono localmente in livelli di vulnerabilità da bassi a medi. Si tratta del settore della Collina di San Colombano, dove viene segnalata una classe di vulnerabilità da bassa a media, così come in alcune zone nel settore sud-orientale della provincia ed in una fascia centrale discontinua con andamento est-ovest, tra Castiglione d'Adda, Brembio ed Ossago Lodigiano. Valori di vulnerabilità media sono inoltre registrati nel settore occidentale in sponda sinistra del Lambro, attorno al centro abitato di Caselle Lurani.

I dati del monitoraggio dei corpi idrici sotterranei per l'anno 2018, pubblicati da ARPA Lombardia, indicano uno stato chimico BUONO per i corpi idrici superficiali e per quelli intermedi della Provincia di Lodi. La classificazione è il risultato della valutazione effettuata per le differenti stazioni di monitoraggio del territorio, attribuendo lo stato buono per i casi in cui le stazioni per le quali viene rilevato il superamento della soglia di riferimento dei parametri analizzati risulta essere inferiore al 20% del totale.



Figura 9 - Classificazione Stato Chimico puntuale anni 2014-2015-2016 per la Provincia di Lodi (Fonte dati: Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia – Rapporto Triennale 2014-2016)

Il diagramma seguente riporta invece la distribuzione percentuale dei superamenti delle sostanze, a scala provinciale: per Lodi i superamenti di probabile origine naturale (Arsenico, Ione Ammonio) costituiscono circa il 25% dei superamenti totali.

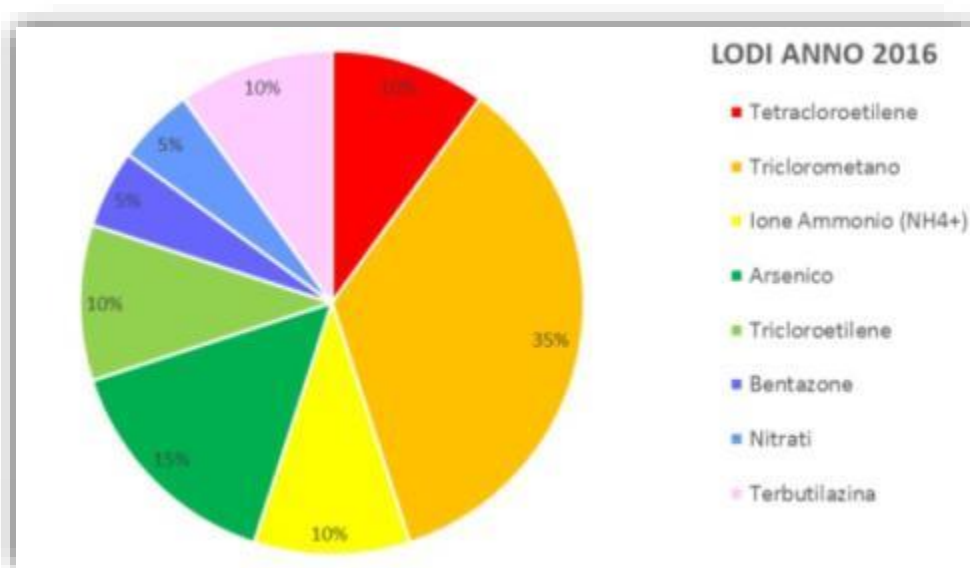


Figura 10 - Distribuzione percentuale dei superamenti dei principali analiti – anno 2016 per la Provincia di Lodi (Fonte dati: Stato delle acque sotterranee in Regione Lombardia- Rapporto Triennale 2014-2016)

Le principali problematiche rilevate per il territorio provinciale sono connesse alla presenza di composti azotati, fitofarmaci, sostanze farmaceutiche, composti organo-alogenati (solventi clorurati), metalli. I composti azotati e i fitofarmaci sono correlati alle attività agricole e zootecniche, e localmente determinante anche l'apporto antropico da fognatura o da attività industriali. Si tratta di fenomeni che interessano maggiormente le falde superficiali, mentre quelle più profonde sono caratterizzate da un maggior grado di protezione.

Alcuni fenomeni di inquinamento sono invece riconducibili alla migrazione di sostanze che raggiungono la falda in settori esterni alla provincia e posti idrogeologicamente a monte rispetto agli acquiferi locali.

Alcune contaminazioni hanno origini storiche, perché strettamente legate alla geologia del territorio (oligoelementi e metalli), nonché alle pressioni incidenti riconducibili alle attività industriali, pratiche culturali e perdite dalle reti fognarie.

I composti azotati e i fitofarmaci sono riscontrabili nelle aree in cui sono più diffuse le attività agro-zootecniche. Tali contaminazioni sono maggiormente diffuse nelle falde superficiali, rispetto a quelle profonde, naturalmente più protette.

Le sostanze farmaceutiche, a elevata persistenza, imputabili alle attività industriali, sono presenti in alcuni "focolai" e sono normalmente contenute all'interno dei siti di origine. Alcuni rari fenomeni sono invece di più ampia estensione areale e dovuti a contaminazioni provenienti da territori posti idrogeologicamente a monte del Lodigiano. Si tratta dei composti organoalogenati caratterizzati da ridotta solubilità, ridotta suscettibilità alla biodegradazione e da un elevato grado di persistenza. Questi composti sono trasportati dai luoghi di origine verso valle dal moto delle acque sotterranee.

Infine, la presenza in concentrazioni significative di As, Fe, Mn è da collegare ad ambienti riducenti che portano ad una solubilizzazione dei metalli naturalmente presenti nei depositi. Tale situazione è inoltre legata anche a fenomeni di contaminazione secondaria riferibile alla presenza di una contaminazione primaria da attività industriali.

3 Analisi delle risorse

L'analisi delle risorse è basata sui risultati dello studio geologico condotto a supporto delle attività di redazione del Piano Cave della Provincia di Lodi del 2005.

Le informazioni dello studio consultato sono state integrate con i dati disponibili nella Banca Dati Geologica di Sottosuolo della Regione Lombardia relative alle stratigrafie di sondaggi e pozzi. La fonte documentale consultata riporta per la Provincia di Lodi 460 record di cui 166 relativi a pozzi per acqua, 193 relativi a sondaggi e 101 relativi a indagini indirette. Per quanto concerne i pozzi per acqua e i sondaggi, nel dataset sono presenti 359 record per i quali è disponibile la stratigrafia della verticale investigata. Ai fini dello studio condotto sono infine stati considerati i punti (pozzi o sondaggi) caratterizzati da una profondità >15 m, per un totale di 170 punti indagine considerati.

Sulla base delle informazioni generali di inquadramento geologico, il processo di individuazione delle risorse potenzialmente idonee allo sfruttamento geo-minerario si è articolato nelle seguenti fasi operative:

- a) Individuazione delle risorse teoriche, che rappresentano la risorsa mineraria di interesse teorico e relativa a specifiche tipologie di materiali (depositi prevalentemente ghiaiosi, depositi prevalentemente sabbiosi, depositi prevalentemente argillosi), con esclusione dei settori ricadenti in aree urbanizzate, o localizzati in aree sottoposte a vincolo escludente, o caratterizzati da impedimenti tecnico-estrattivi.
- b) Individuazione delle risorse potenziali valutate in funzione degli spessori dei materiali merceologicamente significativi, desunti dalle stratigrafie dei sondaggi e dai dati delle attività estrattive in esercizio.

Sulla base dei dati relativi all'inquadramento geologico generale, il territorio della Provincia di Lodi si caratterizza per la presenza di depositi sedimentari di epoca glaciale o recenti, di ambiente continentale in larga parte non coesivi. I termini più antichi riferibili al basamento Pliocenico affiorano solo nella zona di San Colombano rappresentati da argille marine del Pliocene, sulle quali poggiano due ordini di terrazzi antichi rialzati e basculati ad opera degli eventi geodinamici Pleistocenici. Sulla base della Carta Geologica della Lombardia alla scala 1:250.000¹ è possibile individuare nel territorio provinciale una serie cronologica di depositi omogenei in termini di litologia e ambiente deposizionale (si veda la Carta Geologica, allegata alla presente relazione).

Depositi fluviali dei greti attuali (codice della carta geologica 1a)

Per quanto riguarda le alluvioni attuali e recenti, si tratta di depositi di natura alluvionale, localizzati presso gli alvei fluviali o costituenti parte dei terrazzi alluvionali più prossimi al fiume. Tali depositi sono generalmente caratterizzati da un grado di selezione buono all'interno di corpi sedimentari solitamente ben differenziati, quali per esempio i depositi di "point bar" o i "ventagli di rotta". L'ambiente deposizionale è quello tipico fluviale.

Generalmente la pezzatura del materiale che costituisce i depositi delle alluvioni recenti, risulta grossolana o medio-grossolana lungo tutto il tratto lodigiano del fiume Adda; lungo il fiume Lambro si osservano invece miscele granulometriche generalmente più fini. I depositi lungo il fiume Po risultano prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, ad eccezione dell'area di San Rocco a fronte della confluenza del Trebbia, dove i depositi risultano ben lavati con pezzature grossolane (ciottoli e ghiaia con sabbia).

¹ A Montrasio; B Bigioggero; A Maino; E Cirese; D Tacchia (1990) "Carta geologica della Lombardia: scala 1:250.000". Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Le aree con presenza di questa associazione litologica risultano prevalenti nel tratto centro-settentrionale del corso dell'Adda, occupando tutta la valle attuale. Procedendo verso sud si osserva un restringimento progressivo di ampiezza della zona, fino alla sola sezione d'alveo ordinaria. Per tutto il corso del Lambro è proprio questa parte della valle, più prossima al corso vivo del fiume, che mostra la prevalenza di questa unità litologica.

Per quanto riguarda le alluvioni terrazzate, anche in questo caso si tratta di depositi di natura alluvionale, costituenti i terrazzi alluvionali più elevati rispetto al fiume, al di sotto del "Livello Fondamentale della Pianura" Auct. Tali depositi sono generalmente caratterizzati da un grado di selezione buono all'interno di corpi sedimentari solitamente ben differenziati.

L'ambiente sedimentario è quello tipico di una valle fluviale ampia all'interno della quale si sono prodotte notevoli divagazioni del corso del fiume, con relitti di meandri e una serie di terrazzi variamente disposti planimetricamente ma con un chiaro ordine nella serie deposizionale. Tale ambiente si ritrova nel territorio provinciale unicamente lungo la "Valle Attuale dell'Adda".

Le alluvioni terrazzate, rispetto alle alluvioni attuali, presentano una pezzatura del materiale meno grossolana ed in corrispondenza delle stesse si osserva un suolo di copertura variamente sviluppato in ordine all'età dei terrazzi.

Depositi lacustri del periodo tardo glaciale-olocenico (codice della carta geologica 3c)

Si tratta di depositi presenti rinvenibili lungo la Valle dell'Adda, che caratterizzano un settore localizzato poco a sud del concentrico di Maleo. Sono costituiti da materiale fine (limi e argille) e da torba. Si tratta per lo più di depositi tipici di ambiente paludoso.

Depositi terrazzati dell'Alluvium medio (codice della carta geologica 1b)

Costituiscono la predominanza dei depositi presenti all'interno della "Valle Attuale del Lambro", della "Valle Attuale del Po", e nel settore terminale della "Valle Attuale dell'Adda". Dal punto di vista deposizionale si tratta di materiali depositi in ambiente fluviale e connessi a fenomeni di divagazione del corso d'acqua, ma presentano una granulometria decisamente più fine rispetto ai depositi alluvionali recenti.

Depositi terrazzati dell'Alluvium antico (codice della carta geologica 1c)

All'interno di questa unità sono incorporati i depositi alluvionali di origine fluvio-glaciale presenti sul "Livello Fondamentale della Pianura" Auct. lungo lo spigolo più settentrionale del territorio lodigiano. Tale zona si sviluppa in forma allungata parallelamente all'andamento del fiume Adda. Si estende a sud fino all'altezza del comune di Montanaso Lombardo e ad ovest fino ai confini della provincia. Tali depositi risultano anch'essi caratterizzati da una granulometria fine rispetto ai depositi alluvionali recenti.

"Livello Fondamentale della Pianura" Auct. (codice della carta geologica 5c)

Rappresentano i litotipi di maggior diffusione nel territorio in esame in quanto costituiscono la predominanza del "Livello Fondamentale della Pianura" Auct. Si caratterizzano per una elevata eterogeneità, manifestata da una predominanza di materiale fine, all'interno del quale è possibile riconoscere livelli definiti che possono essere talora più grossolani (sabbie ghiaiose) o decisamente più fini (argille). Il campo di variabilità delle litologie inglobate in questa unità è estremamente vario e complesso. Partendo dall'analisi della distribuzione dei litotipi, associabili a sabbie ed a limi sabbiosi, non è infatti possibile individuare una regola cui rifarsi per l'identificazione di litologie predominanti nei vari settori del "Livello Fondamentale della Pianura" Auct. All'interno di questo complesso compaiono spesso lenti argillose che presentano una certa continuità laterale e rappresentano gli orizzonti maggiormente costipati o le variazioni in profondità del litotipo. In corrispondenza della

fascia meridionale del territorio si assiste comunque ad una maggior uniformità litologica verso le sabbie fini.

Al di sopra di tali depositi si rinviene un suolo ben sviluppato, la cui capacità d'uso risulta generalmente elevata, adatto allo spandimento di reflui zootecnici ed altri fertilizzanti.

Spesso i limiti tra questa unità e quella precedentemente descritta, soprattutto lungo la "Valle Attuale del Lambro", non sono ben individuabili, proprio per il carattere di variazione progressiva caratteristico di questi depositi di copertura, così arealmente estesi.

Nel precedente Piano Cave veniva distinta in questo insieme di depositi una unità caratterizzata da abbondanza di argille e limi e da un suolo ben sviluppato che in diversi casi coincideva con l'unità stessa. Per questi settori i sondaggi segnalati dalla Banca Dati del Sottosuolo della Regione Lombardia segnala la presenza di un numero limitato di punti indagine, che investigano generalmente i primi metri di terreno. Le informazioni disponibili confermano la presenza di orizzonti metrici superficiali di materiale fine (limo, argilla, sabbie limose), a cui seguono talora sabbie limose. Sulla base dei dati esaminati, nel presente elaborato questi materiali sono stati inclusi nell'insieme dei depositi del "Livello Fondamentale della Pianura" Auct.

Argille, suoli residuali e depositi ferrettizzati dei pianalti fluvioglaciali sul "Livello Fondamentale della Pianura" Auct. (codice della carta geologica 6b-7b)

A questa unità sono riferiti quei depositi glaciali più antichi caratterizzati da un potente strato argilloso di alterazione superficiale, conosciuti con il termine di "ferretto", presenti nel territorio lodigiano sotto forma di modesti ripiani terrazzati, localizzati unicamente a nord-ovest e a sud-est dall'abitato di Casalpusterlengo, oppure come deposito di copertura sul rilievo di San Colombano, oppure ancora, come suolo eluvio-colluviale, lungo tutta la fascia pedecollinare.

La facies geologica, di natura silicea, differisce per il colore giallo-ocra da quella del tipico ferretto rosso della Brianza. Tuttavia questa correlazione è possibile per il notevole spessore del palesuolo. Le sottostanti argille siltose di colore grigio, talora con ridotte lenti sabbiose, sono state sfruttate dalle cave esistenti per laterizi.

3.1 Risorse potenziali

Le risorse teoriche coincidono con l'insieme dei depositi di interesse geominerario (depositi ghiaiosi, depositi sabbiosi, depositi argillosi) esterni alle aree urbanizzate, o alle aree sottoposte a vincolo, o a settori caratterizzati da condizioni sito-specifiche che determinano l'impossibilità di sfruttamento.

Le risorse teoriche sono pertanto state identificate considerando i seguenti elementi:

- Distribuzione delle formazioni litologiche di interesse geominerario
- Distribuzione dei centri urbanizzati (esistenti o in previsione secondo i Piani di Governo del Territorio dei Comuni della Provincia di Lodi)
- Estensione delle aree sottoposte a vincolo
- Rete idrografica naturale e artificiale
- Grandi infrastrutture
- Viabilità stradale principale e rete ferroviaria

La prima operazione condotta con la fase di identificazione delle risorse teoriche è consistita nell'individuazione delle risorse di scarso o nullo interesse geominerario, al fine di focalizzare l'indagine sui settori caratterizzati da materiali potenzialmente interessabili dalle attività di coltivazione.

In questo senso, confermando le valutazioni condotte nella fase di redazione del precedente Piano Cave, sono esclusi dall'insieme delle Risorse Teoriche i seguenti materiali:

- depositi del "Livello Fondamentale della Pianura" Auct., in quanto caratterizzati da abbondanza di materiale prevalentemente limoso (quindi di scarso interesse commerciale) ed eterogeneità della natura dei depositi (con ridotta presenza di orizzonti sfruttabili). Per alcuni settori (ambito di pertinenza del fiume Lambro) dove le evidenze stratigrafiche indicano una prevalenza netta della facies sabbiosa è comunque stata valutata la possibilità di sfruttamento;
- depositi lacustri del periodo tardo glaciale-olocenico, frequentemente torbosi, che presentano caratteristiche non idonee ad ipotesi di sfruttamento a fini commerciali.

In termini di litologie di interesse geominerario e di potenza dei livelli di coltivazione sono pertanto individuate le seguenti unità:

- Unità 1 - Depositi fluviali dei greti attuali
L'esame delle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi considerati indica la presenza di livelli
- Unità 2 - Depositi terrazzati dell'Alluvium medio
- Unità 3 - Depositi terrazzati dell'Alluvium antico
- Unità 4 - Argille, suoli residuali e depositi ferrettizzati dei pianalti fluvioglaciali

Il processo di individuazione delle risorse teoriche si è articolato quindi nella verifica della presenza di vincoli che vietano lo sfruttamento della risorsa. In questo senso l'esame ha considerato i seguenti strumenti di pianificazione, o vincoli:

- Piano Per l'Assetto Idrogeologico (PAI), che definisce non sfruttabili tutte le risorse ricadenti nella fascia A dei corsi d'acqua, consentendo invece l'attività di coltivazione in fascia B, a seguito di opportune verifiche idrauliche che attestino la compatibilità dell'attività con le condizioni idrodinamiche attese;
- Vincolo Idrogeologico Ex R.D. 3267/23, per il quale nelle zone sottoposte a vincolo la risorsa è ritenuta non sfruttabile.

Coerentemente con il precedente Piano Cave, al fine di promuovere la tutela e salvaguardia del territorio, viene confermata la **non sfruttabilità** per le risorse ricadenti nei seguenti ambiti:

- Aree in sponda sinistra dell'Adda;
- Oasi di Protezione e Zone di Protezione;
- Aree esterne ai giacimenti già individuati nel Parco Adda Sud;
- Buffer di 1 km a partire dal ciglio del terrazzo che delimita la Valle Attuale dell'Adda, per preservare l'integrità a livello percettivo del lineamento geomorfologico della pianura lodigiana.

Sulla base dei criteri di esclusione elencati è stata definita la Carta delle Risorse potenziali, allegata al presente elaborato, all'interno delle quali saranno individuati i giacimenti sfruttabili.

4 ALLEGATI

Carta Geologica (1:50.000)

Carta Idrogeologica (1:50.000)

Carta delle Risorse (1:50.000)