

Delta Gemini Srl - SABAP-BO

Emilia-Romagna - FE – Terre del Reno

SABAP-BO_2025_00078-PXA_000004

Impianto fotovoltaico "Terre del Reno" e Opere connesse

OPERA PUNTUALE

impianto per produzione energia [impianto idroelettrico, solare, geotermico, termovalorizzatori ecc.] - Fase di progetto: fattibilità

Funzionario responsabile: {Ascari Raccagni, Carolina} - Responsabile della VI Arch: Forni, Luca

Compilatore: Forni, Luca - Data della relazione: 2025/07/23

DESCRIZIONE DELL'OPERA IN PROGETTO

L'impianto fotovoltaico e le opere connesse oggetto della presente saranno interamente realizzati nei territori dei comuni di Terre di Reno (FE) e di Bondeno (FE). Da progetto l'impianto fotovoltaico sarà costituito da tre distinti campi fotovoltaici (macro-sottocampi), localizzati nell'immediata periferia del centro urbano di Mirabello, le cui estensioni sono complessivamente di 113,2 ha. Oltre a collegare i singoli campi fotovoltaici, un cavidotto di interconnessione a 36KV si snoderà lungo il Cavo Napoleonico con direttrice Sud-ovest/Nord-est per circa 3,5 km e proseguirà in direzione Sud-Est/Nord-ovest fino a raggiungere una sottostazione elettrica di futura realizzazione, situata in località Il Cantone, circa 800 m a Sud-ovest di Bondeno. L'impianto agrivoltaico sarà composto da 119.336 moduli fotovoltaici, ciascuno con una potenza di picco di 640 Wp e dimensioni pari a 1.134 mm x 2.382 mm. I moduli saranno installati su strutture metalliche rotanti monoassiali, note come tracker, che consentono l'inseguimento solare. I tracker sono costituiti da travi metalliche (generalmente a sezione H o simili) infisse direttamente nel terreno mediante l'utilizzo di macchine battipalo. Tali travi verticali sostengono una trave orizzontale rotante, sulla quale sono montati i pannelli fotovoltaici. Il movimento della trave orizzontale è gestito da un motore centrale, che consente la rotazione dei pannelli da Est a Ovest, con un'escursione angolare fino a $\pm 60^\circ$, ottimizzando così l'esposizione solare nel corso della giornata. I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento solare di tipo "mono-assiale" che girano attorno ad asse polare (la rotazione avviene attorno ad un asse parallelo all'asse di rotazione terrestre nord-sud) che consente di realizzare gruppo ad inseguimento di lunghezza fino a circa 70 m con un unico gruppo motorizzato centrale in corrente continua, alimentato da un sistema isolato costituito da un pannello fotovoltaico ed un gruppo di accumulo dedicato. Le travi di sostegno dei tracker saranno infisse nel terreno ogni 7,4 m a una profondità di -3,5 m rispetto al p.d.c. All'interno dell'area d'impianto le linee elettriche destinate al trasporto dell'energia e del segnale verranno, per la maggior parte, interrate con la logica di seguito descritta: in prossimità delle strutture a vela saranno allestiti pozzetti carrabili 60x60x60cm e 90x90x90cm rispettivamente per la linea di segnale e di alimentazione dei tracker stessi. Tali pozzetti raccoglieranno le linee uscenti dalle vele e saranno collegati, mediante cavidotto interrato, con la dorsale del campo; i collegamenti tra quadri di stringa ed inverter avverranno con cavi nudi (ossia interrati direttamente e non posati all'interno di cavidotti); le linee MT interne al campo saranno posate con la medesima modalità; Le sezioni di scavo avranno dimensioni minime di:

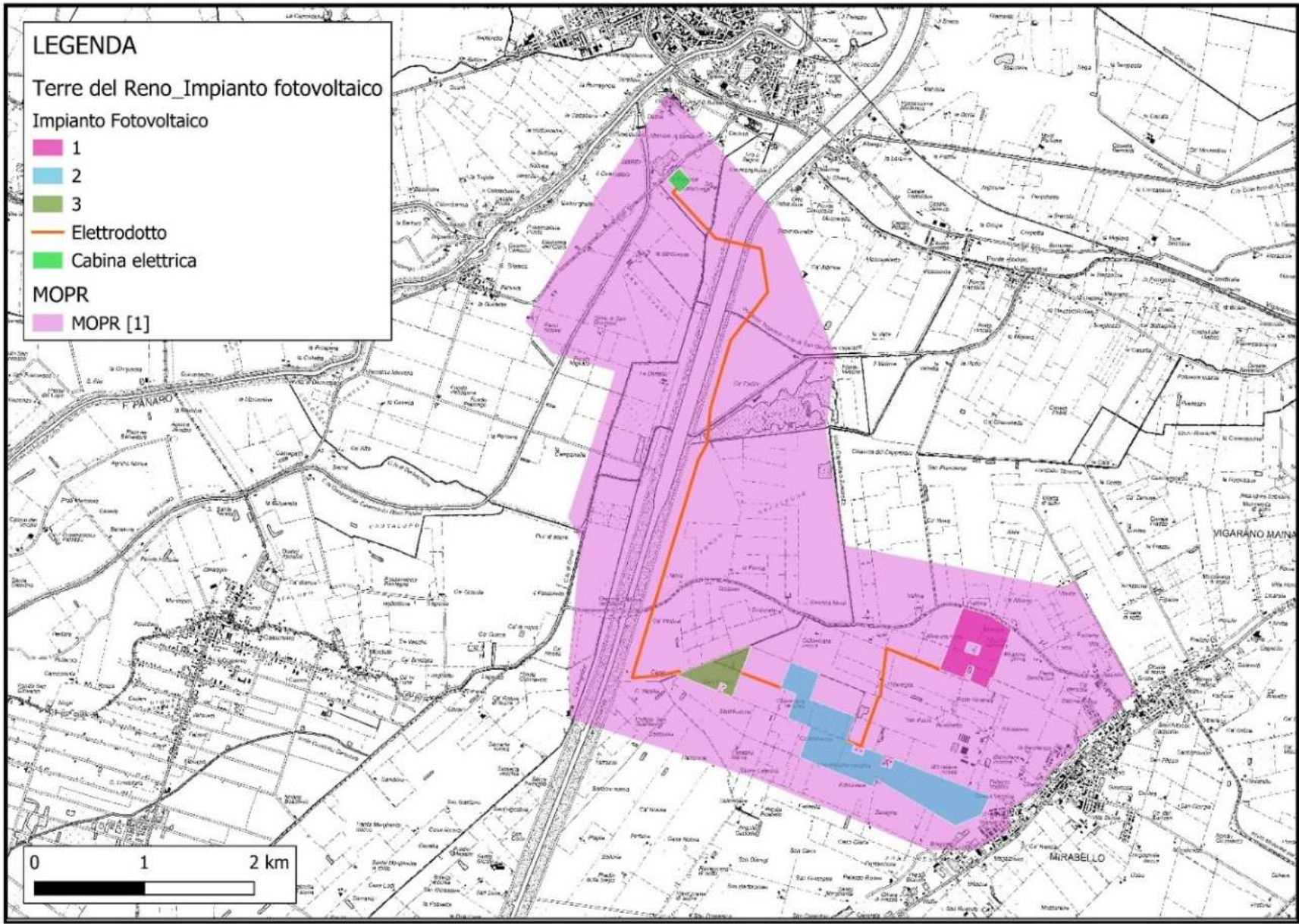


Fig. 1 - Localizzazione del MOPR (area vasta, colore viola) in rapporto al progetto su CTR 1:50.000 (fuori scala, da Geoportale Regione Emilia-Romagna)

GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO

L'area presa in esame, in particolare la zona compresa tra i comuni di Bondeno e Mirabello, rientra nel territorio dell'Alto Ferrarese. Si tratta di una zona complessivamente pianeggiante, in larga parte coltivata, con quote medie comprese tra 6,0 e +14,0 m s.l.m. Le quote più elevate sono localizzate nell'area dossiva su cui sorge il centro urbano di Mirabello. Dal punto di vista geologico, l'area compresa tra Bondeno e Mirabello è riconducibile prevalentemente al Quaternario recente ed è costituita da una sequenza di depositi alluvionali formati da sabbie, limi e argille, originati dall'attività sedimentaria del fiume Po e dei suoi principali affluenti, in particolare il Panaro e il Reno. Tali sedimenti, depositatisi in ambienti fluviali e fluvio-palustri, si presentano con spessori generalmente compresi tra 1 e 6 metri.

Un sondaggio eseguito nel 2017 presso l'area cimiteriale di Mirabello — situata alla base dell'antico argine sinistro del fiume Reno, a circa 500 metri dall'Impianto 1 — ha messo in evidenza, nei primi 5 metri di profondità, una successione litostratigrafica composta da sabbie limose e limi sabbiosi saturi, sovrastanti un livello più compatto di sabbie a granulometria media (Lanfredi, Mantovani, Priore, Tarabusi, Caputo, 2019). Questa configurazione stratigrafica, caratterizzata da materiali sciolti, è risultata particolarmente predisposta a rispondere dinamicamente in occasione del terremoto del maggio 2012, innescando fenomeni diffusi di liquefazione, subsidenza per compattazione e movimenti laterali del suolo.

Al di sotto di questi livelli più recenti, si sviluppano sedimenti del Quaternario medio-inferiore, che riflettono una complessa alternanza tra ambienti continentali e marini. Ancora più in profondità, si incontrano depositi pliocenici superiori, prevalentemente argillosi e marnosi, testimonianza di un'antica fase marina che precedette la graduale emersione della pianura padana orientale.

Sotto il profilo geomorfologico, il paesaggio tra Bondeno e Mirabello rappresenta il risultato di prolungati e articolati processi fluviali, connessi principalmente alle dinamiche idrologiche e sedimentarie dell'Olocene. Sebbene l'area si presenti oggi come una pianura omogenea e di modesta pendenza, l'analisi morfologica mette in luce la presenza di forme relitte che documentano l'antica evoluzione idrografica: paleoalvei, dossi fluviali, fasce di divagazione e sistemi arginali costituiscono gli elementi più rappresentativi di questo assetto.

Tali forme sono riconducibili quasi interamente all'antico tracciato del fiume Po, il cosiddetto "Po di Ferrara", che scendeva, prima del XII secolo, verso Bondeno attraversando le aree di Vigarano Mainarda e Ferrara, per poi proseguire verso est con il nome di Po di Volano. A seguito della celebre "rotta di Ficarolo" del 1152 d.C., il fiume modificò drasticamente il proprio corso, abbandonando l'alveo meridionale e incanalandosi progressivamente verso nord nel ramo oggi conosciuto come Po di Venezia (vedi infra).

La rete idrografica storica era completata, sul versante destro del Po, dagli apporti del Panaro e del Reno. Il primo confluiva ancora oggi nel Po nei pressi di Bondeno, mentre il secondo, fino al XIX secolo, seguiva un tracciato che lo portava a immettersi anch'esso nel grande fiume. Soltanto con le imponenti opere idrauliche della prima metà dell'Ottocento, il Reno venne deviato verso sud-est, fino a sfociare autonomamente in Adriatico.

Alla morfogenesi naturale del territorio si sono aggiunte, in epoca moderna e contemporanea, le imponenti trasformazioni antropiche legate alla bonifica idraulica e alla canalizzazione. Interventi come la costruzione del Cavo Napoleonico e del Canale di Burana hanno giocato un ruolo determinante nel modificare il reticolo idrografico, nel regolare il deflusso delle acque superficiali e nel prevenire gli allagamenti, contribuendo così a stabilizzare un territorio storicamente soggetto a dinamiche fluviali complesse e attive.

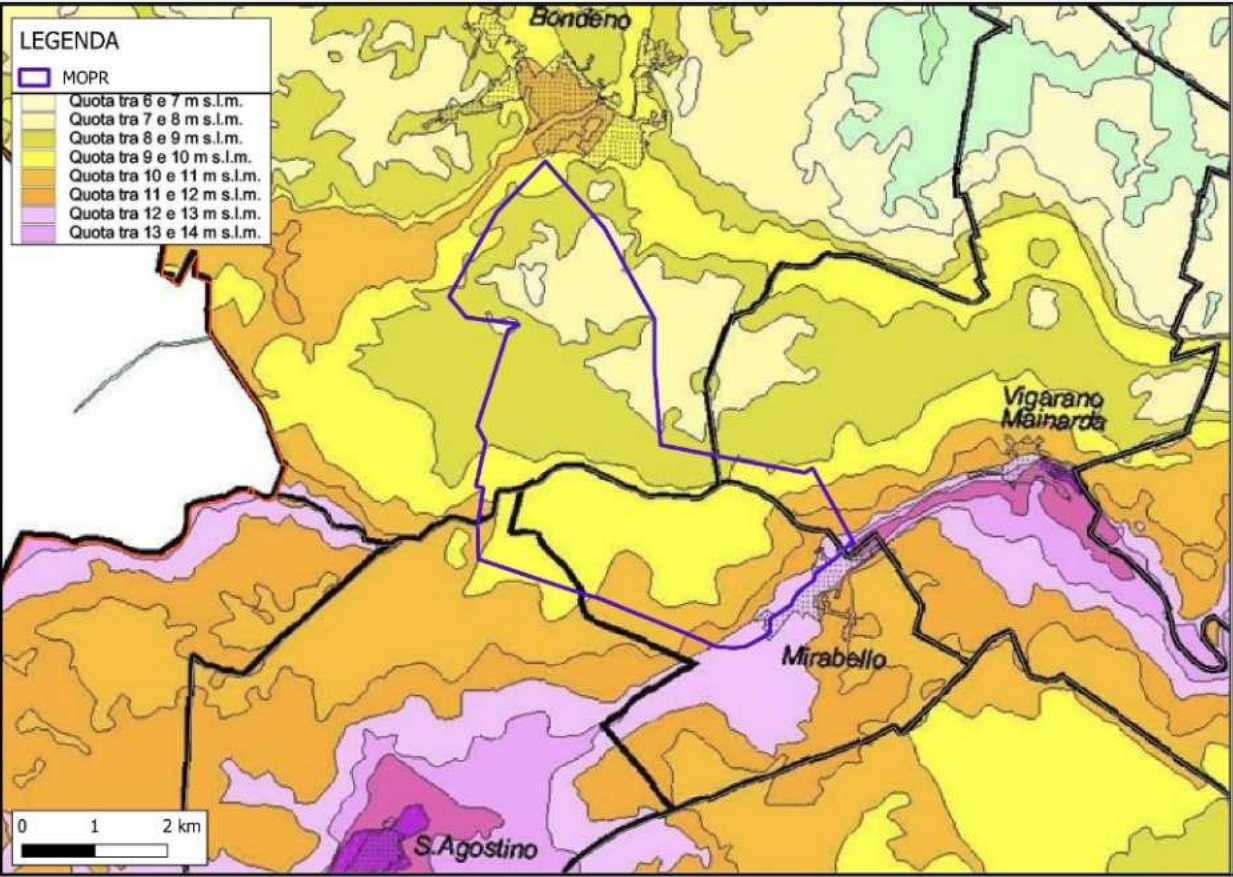
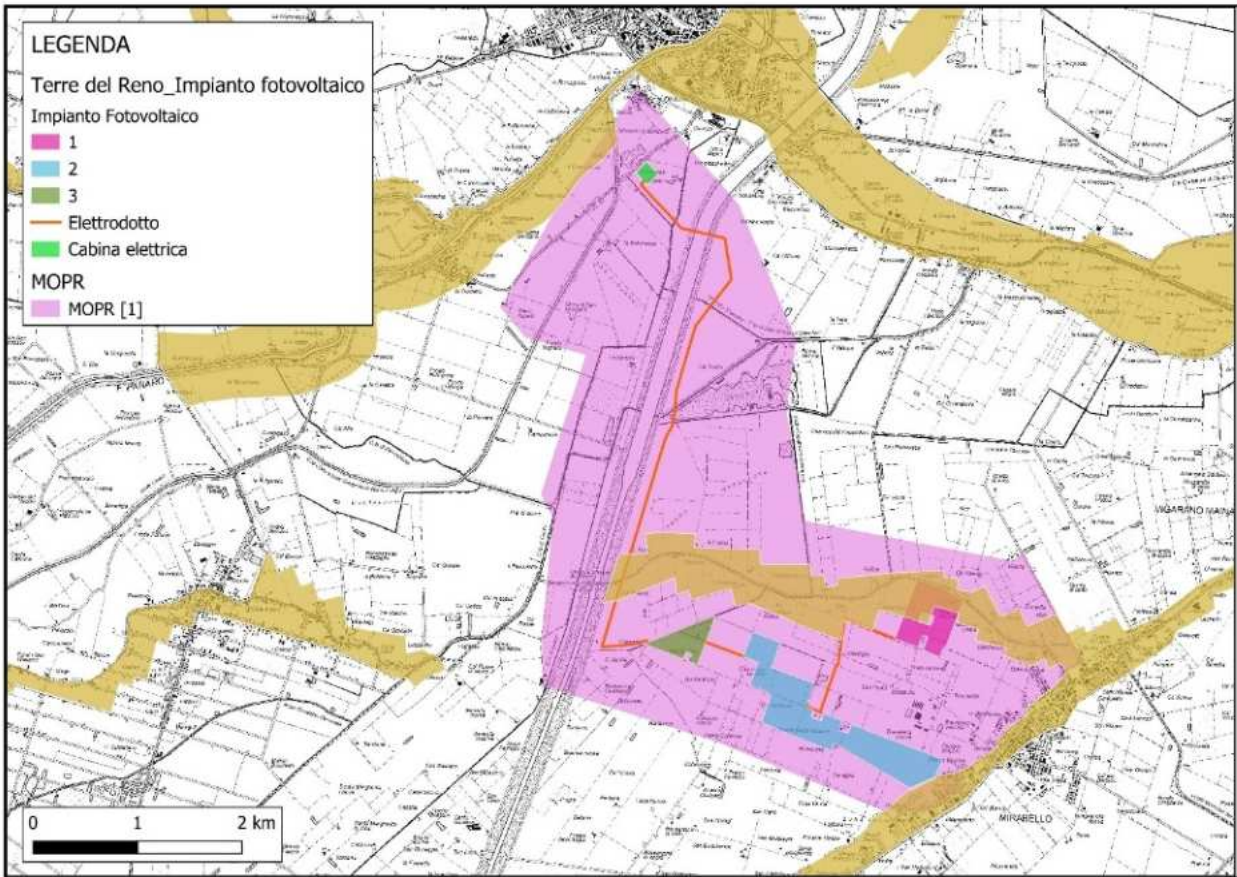


Fig. 3 - Posizionamento dei dossi e delle dune fluviali individuati nel PTCP della Provincia di Ferrara con posizionamento dell'area vasta-MOPR su CTR 1:50.000 (fuori scala, da Geoportale Regione Emilia-Romagna).



CARATTERI AMBIENTALI STORICI

Nel territorio della provincia di Ferrara, i sedimenti più antichi affiorano in alcune porzioni della bassa pianura alluvionale e risalgono all'età pre-protostorica, tra il 4000 e il 2600 a.C. In questa fase, il fiume Po era articolato in due rami principali, che si separavano in prossimità di Guastalla. Il ramo settentrionale seguiva un tracciato simile all'attuale fino a Semide, per poi inoltrarsi nel Polesine rodigino. Il ramo meridionale, apparentemente secondario, si separava all'altezza di Guastalla e Gualtieri, attraversava le aree a nord di Concordia sulla Secchia e di Mirandola, e proseguiva verso Bondeno, Ferrara e Voghenza, con ulteriori diramazioni in direzione di Copparo, Portomaggiore e Ostellato. Questo ramo, noto come antico Eridano o Po di Spina, ha avuto un ruolo fondamentale nell'organizzazione idrografica e insediativa della pianura orientale. Il settore di pianura oggetto di studio è stato fin dalla preistoria caratterizzato dalla presenza a nord del corso del Po, in cui confluivano importanti corsi d'acqua appenninici, tra cui in particolare il Panaro e il Reno. L'area si presentava come un ambiente prevalentemente vallivo e palustre, scarsamente adatto all'insediamento umano, fatta eccezione per alcune limitate zone sopraelevate, costituite da paleoalvei e dossi fluviali. Questi "alti morfologici", generati dalle dinamiche fluviali, offrivano condizioni favorevoli per la residenza e le attività agricole, essendo relativamente asciutti e protetti dalle esondazioni. In questo contesto, il territorio di Bondeno si distinse fin dalla preistoria per una spiccata vocazione insediativa, come dimostrato dalla presenza di siti come quello di Fornace Grandi. Qui, nel tardo Neolitico (fine IV - inizi III millennio a.C.), sono stati rinvenuti materiali attribuibili a un insediamento stabile, favorito dalla vicinanza a una rete di vie d'acqua che ne assicurava risorse e accessibilità, pur trovandosi ai margini delle zone padane più densamente abitate. La frequentazione del territorio in esame anche in età protostorica è rappresentata dall'importante sito della Terramara di Pilastri, situata in zona bondanese e datata a un periodo compreso tra il Bronzo medio e il Bronzo recente (1600-1200 a.C.) (Desantis, Steffè 1995). Si tratta di insediamento di circa un ettaro, tra le più vaste evidenze della cultura terramaricola individuate nella provincia di Ferrara. Alla media età del Bronzo risalgono inoltre i fondi di capanna portati alla luce durante gli interventi di realizzazione del Cavo Napoleonico, in località Santa Maddalena dei Mosti. Un evento significativo nella riorganizzazione dell'idrografia padana fu la rotta fluviale avvenuta presso Semide attorno all'VIII secolo a.C., che determinò il deflusso delle acque del ramo settentrionale verso Bondeno, confluenza nel ramo meridionale (Feri, 1985), che da quel momento assunse un ruolo predominante. La crisi del ramo settentrionale contribuì al declino del porto paleo-veneto di Adria, mentre alla foce del ramo meridionale si sviluppava, già nel VI secolo a.C., l'importante centro etrusco di Spina. Lungo il Po di Spina e le sue diramazioni, tra cui quelle che si dirigevano verso Portomaggiore e Portoverrara, sorsero numerosi insediamenti etruschi, come confermato da Bondesan (2001) e Uggeri (2002). Per quanto riguarda il comprensorio oggetto della presente relazione, le evidenze archeologiche relative all'età del ferro — sia nella fase villanoviana che in quella etrusca — risultano piuttosto sporadiche. Un'eccezione significativa è rappresentata dal sito della Zoccolina, situato nel territorio di Bondeno, che gli studiosi interpretano come insediamento, sebbene di dimensioni contenute. Durante l'età romana, la pianura ferrarese fu interessata da un periodo climatico più caldo e asciutto, che migliorò le condizioni ambientali delle aree inondabili. Il ramo principale del Po rimaneva l'Eridano, dal quale si staccava un ramo secondario verso Copparo, all'altezza di Cona e Codrea. Questo canale secondario mantenne una certa rilevanza per parte dell'età imperiale, mentre più a nord si consolidava la rete dei rami deltizi dell'Adige (Bondesan 1985, 1990; Veggiani 1985). Sebbene la penetrazione romana nel territorio fosse già attiva nel II secolo a.C., essa si intensificò solo nel I secolo a.C. e in età imperiale. Tuttavia, nel settore in esame, gli interventi di bonifica furono limitati, e ciò impedì uno sfruttamento sistematico del territorio a fini agricoli e insediativi. L'esiguità dei reperti archeologici riferibili a questo periodo suggerisce in effetti l'assenza di una pianificazione territoriale organica, come invece si osserva in altre aree della pianura padana. I dati attualmente disponibili indicano la prevalenza di insediamenti rurali, costituiti da ville rustiche, fattorie e piccoli nuclei abitativi, localizzati in prossimità del Po. Così come in epoca pre-protostorica, anche in età romana la presenza di dossi fluviali continuò a rappresentare un elemento di attrazione per l'insediamento. Ne sono testimonianza i ritrovamenti archeologici documentati in diverse località sopraelevate del territorio bondenese, come il dosso a sud di San Martino Spino, quello di Gavello, Pilastri, e l'allineamento dossivo che comprende Roversella, Porcara e via Argine Campo. Nonostante la progressiva rarefazione degli insediamenti rurali a partire dal III secolo d.C., l'importanza strategica di quest'area è confermata dall'Itinerario Antoniniano (fine III secolo d.C.), che menziona il Vicus Varianus, identificato con l'attuale frazione di Vigarano Pieve. Il centro era strategicamente importante poiché qui insisteva un attraversamento sul Po che garantiva il collegamento fra i territori della Regio VIII/Aemilia e la Regio X/Venetia, grazie ad un diverticolo della Via Aemilia, la cosiddetta Via Aemilia Altinate o Aemilia Minor, individuato per breve tratto in località Torre del Fondo. In età tardoantica-altomedievale un nuovo e marcato peggioramento delle condizioni climatiche in tutto il settore centro-europeo determinarono decisive trasformazioni del paesaggio. Infatti, fra il VI e l'VIII secolo, si sviluppò un periodo caratterizzato da una particolare piovosità. Tale evento, indicato genericamente con il termine Diluvio di Paolo Diacono, provocò rotte fluviali, allagamenti e altri dissesti idraulici. In questo contesto, il Po subì una completa riorganizzazione, aprendosi nei suoi nuovi canali distributori deltizi del Primaro e del Volano in corrispondenza di Ferrara. I mutamenti nella rete idrografica determinarono la scomparsa del ramo di Copparo, e una rapida perdita di efficienza del ramo di Voghenza e la crisi di tutto il sistema dell'Eridano. La presenza dell'uomo durante questo periodo non solo si diradò ma divenne anche di difficile individuazione, a causa delle scarse tracce archeologiche individuate. Nel 1152, una serie di rotte presso Ficarolo (località in provincia di Rovigo) portarono il fiume Po a percorrere l'attuale alveo del Po di Venezia. Tale nuovo corso, determinò nei secoli una sempre minor efficienza dei rami Volano e Primaro: le conseguenze furono l'aumento dei processi di sedimentazione all'interno degli alvei e una maggiore difficoltà a ricevere le acque dei torrenti appenninici. In seguito alla Rotta di Ficarolo cominciò la decadenza del Po di Ferrara, tanto che nel XIV secolo esso era ormai divenuto meno importante del corso settentrionale. Nel Basso Medioevo, il territorio oggetto di analisi fu interessato da una strutturata organizzazione dello sfruttamento delle risorse, con un ruolo centrale attribuito alle vie d'acqua, considerate direttrici fondamentali per i trasporti. A partire tra il XIII e il XIV secolo, l'espansione delle reti commerciali spinse il Ducato di Ferrara e la Legazione di Bologna a promuovere interventi infrastrutturali mirati a potenziare la mobilità e l'efficienza logistica. Parallelamente, si svilupparono progetti di regolamentazione dei corsi fluviali e di bonifica delle zone vallive, progressivamente convertite a uso agricolo. Il modello insediativo di questo periodo si fondava su un sistema di abitati — come castelli, tori, pievi e corti — distribuiti lungo direttrici varie che seguivano l'andamento dei principali fiumi, in particolare il Po e il Reno. Tali percorsi erano affiancati da canali artificiali e opere di bonifica che contribuivano a strutturare il paesaggio agrario. A partire dal XIII secolo, si consolidò un'azione coordinata tra autorità ecclesiastiche (come l'abbazia di Nonantola e la curia bolognese) e poteri signorili (tra cui gli Estensi e i Mainardi), che univano interessi economici, politici e normativi nell'intento di regolare il territorio e favorire lo sviluppo agricolo. Queste trasformazioni hanno lasciato numerose tracce ancora oggi visibili nei centri abitati e in un'ampia gamma di manufatti storici — tori, ponti, edifici rurali, strade — che costituiscono un importante patrimonio culturale. Tuttavia, molte testimonianze materiali di quell'epoca sono andate perdute o risultano oggi interrate, a causa di mutamenti ambientali, urbanistici o eventi distruttivi succedutisi nel tempo. Nel quadro degli interventi di bonifica e delle infrastrutture

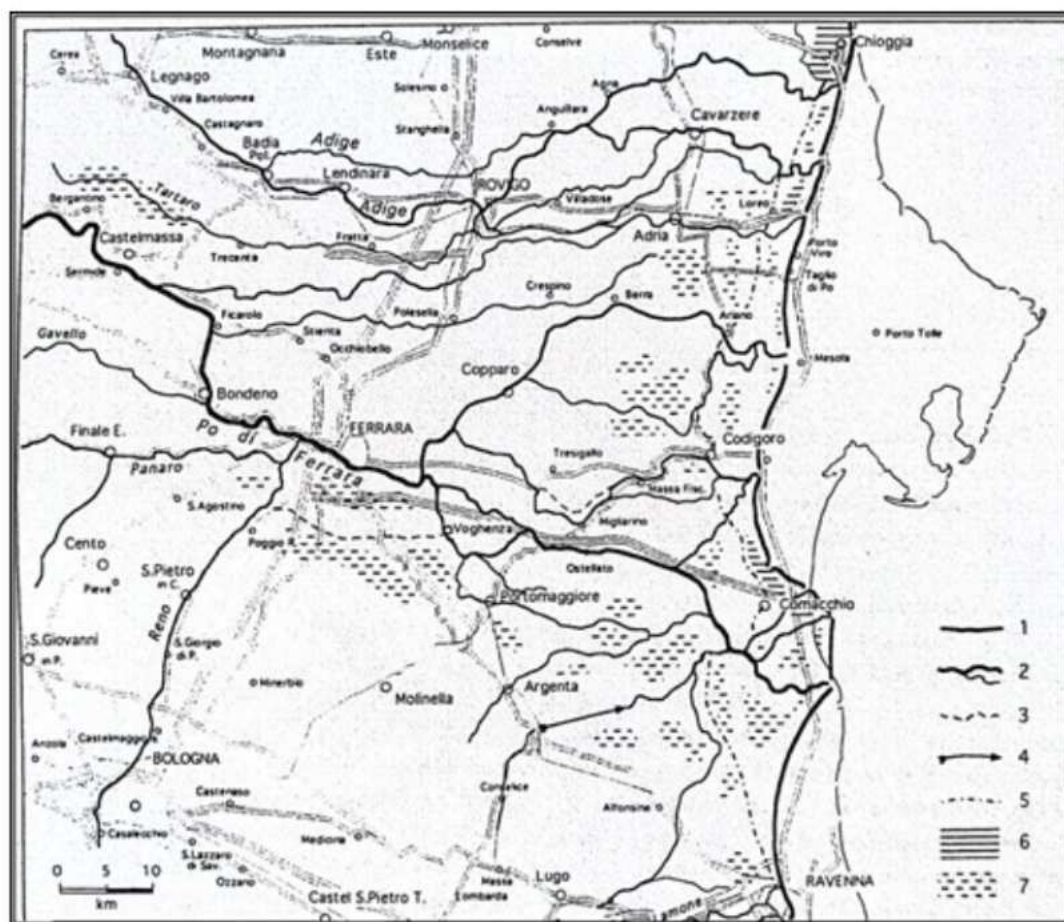


Fig. 4 - La rete idrografica in età romana. Legenda: 1) linea di costa del periodo considerato; 2) fiume attivo; 3) fiume di recente estinzione; 4) fiume incanalato artificialmente; 5) importante canale navigabile; 6) stagni salmastri; 7) paludi (da Bondesan 2001, fig. 3, p. 233-234)

CARATTERI AMBIENTALI ATTUALI

L'opera in progetto e l'area vasta-MOPR interessano prevalentemente la pianura che si estende tra il centro urbano di Mirabello e quello di Bondeno. Si tratta di una zona caratterizzata da una morfologia generale pianeggiante e da un paesaggio sostanzialmente rurale, occupato prevalentemente da campi agricoli seminativi (cerealicoli, erba medica e granturco in primis) e, in minor misura, da frutteti. Questa continuità di paesaggio è interrotta dalla presenza del Cavo Napoleonico, che taglia l'area vasta-MOPR con direttrice Sud-ovest/Nord-est.

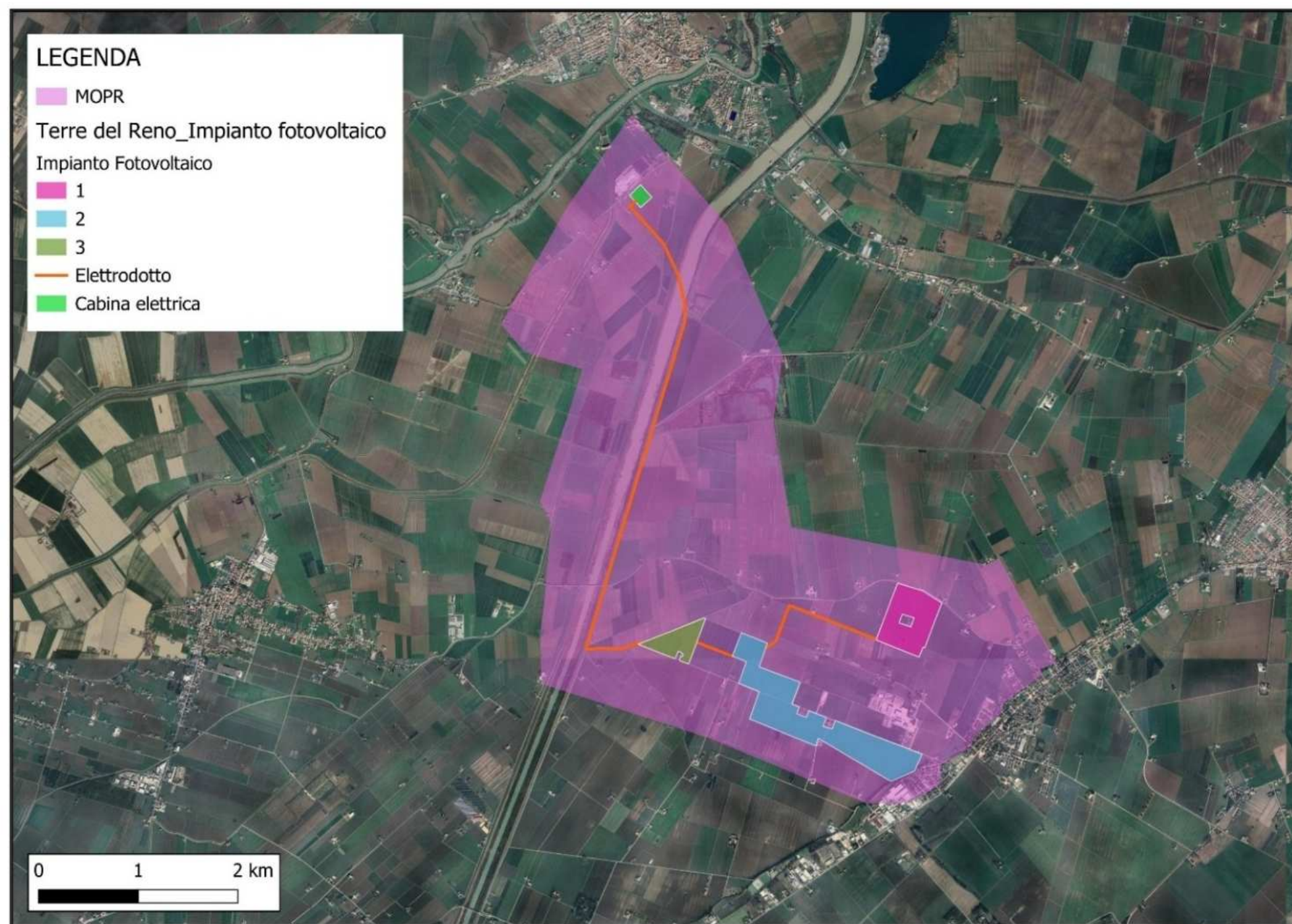


Fig.5 - Inquadramento dell'area interessata dal MOPR 'area vasta' (in viola, al centro) e dell'area di progetto (in blu e arancio) (base Google Satellite)

SINTESI STORICO ARCHEOLOGICA

L'approfondito esame della documentazione del noto, nonché la consultazione della Carta del Rischio Archeologico del Piano Strutturale Comunale Associato dell'Associazione Intercomunale Alto Ferrarese dei comuni di Bondeno, Cento, Mirabello, Poggio Renatico, Sant'Agostino, degli elaborati del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della provincia di Ferrara, del GNA (Geoportale Nazionale per l'Archeologia) e della piattaforma ArcheoDB ha evidenziato come all'interno dell'area vasta-MOPR sia presente un discreto numero di attestazioni archeologiche, databili a un periodo compreso tra l'età del Bronzo e l'epoca moderna. In base alla Carta del Rischio Archeologico, redatta nel 2008, l'analisi dei rinvenimenti archeologici nel territorio dell'Alto Ferrarese evidenzia una netta distinzione tra due aree principali: 1) l'area settentrionale, corrispondente ai territori dei comuni di Bondeno e Vigarano Mainarda, caratterizzata da un'elevata concentrazione di insediamenti. Questa zona, localizzata in prossimità del corso principale del Po e dei suoi rami secondari e affluenti, si colloca su un alto morfologico. Si tratta, come si è detto, di un contesto favorevole sia all'insediamento umano sia alla conservazione e individuazione dei siti archeologici; 2) l'area meridionale, che include il Centese, Mirabello, Sant'Agostino e Poggio Renatico, dove le attestazioni archeologiche risultano molto più sporadiche. Questo comprensorio insiste infatti su bassi strutturali sepolti, soggetti nel tempo a intensi e continui sovralluvionamenti. Questi apporti sedimentari hanno ricoperto gli eventuali antichi stanziamenti con potenti depositi alluvionali, rendendone più difficile l'emersione archeologica. I dati più recenti presenti sulla piattaforma ArcheoDB sembrano confermare il quadro ricostruttivo finora delineato per il territorio in esame. Le attestazioni archeologiche più antiche provengono da fondi di capanna databili alla media età del Bronzo, rinvenuti in località Santa Maria dei Mosti, nei pressi dell'argine sinistro del Cavo Napoleonico (Sito ArcheoDB 366). Durante i lavori per la costruzione del ponte sul Cavo Napoleonico, avviati nel 1955 lungo l'argine sinistro, fu messo in luce uno strato fortemente antropizzato, di spessore uniforme (circa 70 cm), visibile per una lunghezza di 133 metri in direzione nord-sud. Tra i materiali rinvenuti si segnala un'ansa comuta databile al Bronzo Medio, nonché la presenza in sezione di un fondo di capanna del diametro di circa 5 metri. Nel 1971, ulteriori lavori di ripristino del Cavo portarono a una nuova, mai pubblicata, campagna di scavo che documentò un'abitazione in area golenale. Le quote di rinvenimento di queste evidenze presentano incertezze a causa della documentazione incompleta, soprattutto sulle quote assolute del piano di campagna. Tuttavia, si può affermare che, sul lato sinistro del Cavo Napoleonico, i resti archeologici dell'età del Bronzo si collocano indicativamente tra -2,7 e -3,3 metri dal p.d.c. Resti riconducibili all'età villanoviana sono stati individuati invece lungo l'argine destro del Cavo Napoleonico, sempre in area golenale, durante i lavori per la costruzione del ponte (Ferraresi 1963, pp. 52-63; Uggeri 1987, p. 166; Sito ArcheoDB 353). In particolare, sono emerse almeno due sepolture: la più antica, a cremazione, databile al Villanoviano III (seconda metà dell'VIII – inizi del VII secolo a.C.) e la più recente, a inumazione, riferibile al Villanoviano IV (VI secolo a.C.). Più precisamente, a una profondità di circa -3,3 metri dal p.d.c., furono rinvenuti un ossuario biconico (riferibile al Villanoviano III), un'olla cineraria e vasi di corredo decorati a stampiglia (Villanoviano IV). In prossimità dell'argine, a -3 metri, venne inoltre scoperta una fossa contenente un pugnale in bronzo e un piccolo vaso in impasto. Non si esclude infine che uno strato individuato durante gli stessi lavori sull'argine opposto, localizzato a -2,2 m dal p.d.c., possa corrispondere a uno strato di frequentazione di età villanoviana. Per tutte le suddette evidenze si segnala che gli scavi del 2000 per la posa della condotta idrica Bondeno-Cento hanno parzialmente interessato l'area dei rinvenimenti degli anni Cinquanta, confermando la presenza di livelli antropici già documentati nel secolo precedente (Sito ArcheoDB 20810). Si segnala per l'età protostorica, infine, come sondaggi realizzati dal redattore del presente documento nel 2024 in località Santa Bianca (Bondeno) abbiano evidenziato la presenza di un possibile paleosuolo riconducibile genericamente a questo periodo a una quota compresa tra -1,33 e -1,50 m dal piano di campagna (Sito ArcheoDB 15544). Si sottolinea come questo paleosuolo sia stato individuato solo in un sondaggio, mentre in 18 ulteriori sondaggi l'esito archeologico di tale indagine sia stato negativo (Sito ArcheoDB 15542). Per quanto riguarda l'età romana, le evidenze archeologiche emerse a partire dal secolo scorso delineano due contesti distinti. Il primo di questi è rappresentato da un sito localizzato in prossimità dell'area prevista per il nuovo impianto fotovoltaico, in località Cascina Mosti, al confine tra i comuni di Bondeno e Terre del Reno. Qui, nel 1983, è stata individuata una possibile struttura produttiva, forse una fornace (Sito ArcheoDB 885). Durante interventi di riscavo e approfondimento del Canale Consorziale Savenuzza-Canalazzo (già Canal Vecchio), a circa 2,5 metri di profondità dal p.d.c., è stata osservata in sezione una stratificazione di origine antropica, che presentava tracce riconducibili a pareti in alzato. A 4 metri di profondità è stato individuato un piano pavimentale costituito da

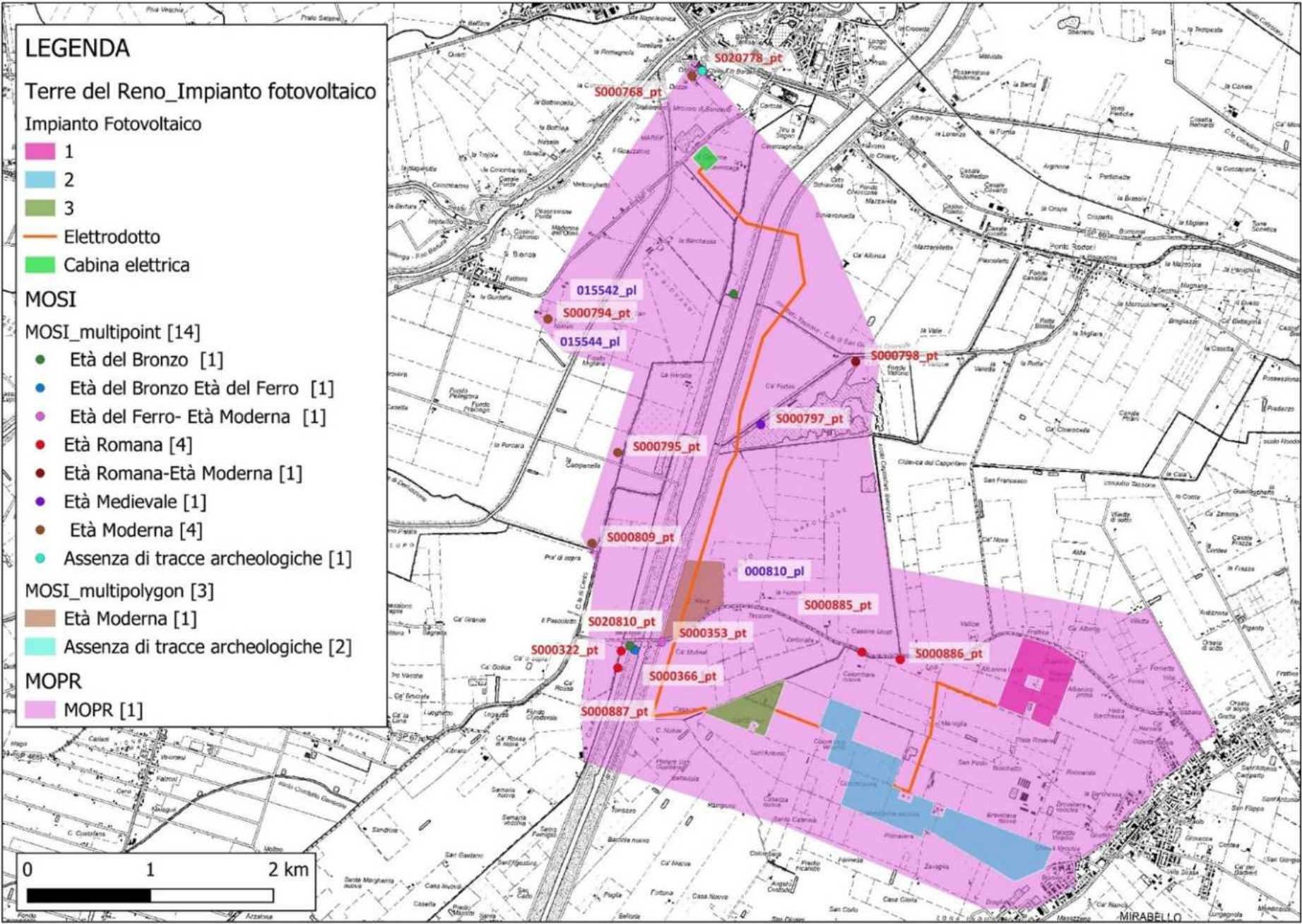


Fig.6 - Posizionamento dei siti MOSI suddivisi per cronologia all'interno dell'area vasta-MOPR. I codici identificativi MOSI comprendono il relativo numero di sito ArcheoDB