

- i fanghi di risulta derivanti da perforazioni per la realizzazione di pali e dalla eventuale bagnatura per l'abbattimento delle polveri durante gli scavi;
- i materiali derivanti da smantellamento di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, fresatura asfalti, ecc);
- il materiale di risulta dal processo di sedimentazione, costituito da polveri di perforazione, boiacche e additivi, e derivato dalla raccolta e trattamento delle acque di lavorazione.
- Sebbene le indagini cognitive di progetto non abbiano dato particolari evidenze in tal senso, si specifica che, se dovessero emergere aree o porzioni di scavo con presenza di materiali di riporto con frammenti e/o elementi di origine antropica, con percentuali superiori al 20% (rif. allegato 9 del DM 161/201 ripreso in allegato 1 del DPR 120/2017), questi dovranno essere sottoposti alle medesime disposizioni vigenti in materia di rifiuti.

L'articolo 184, al comma 3, lettera b), del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. come modificato dall'art. 11 del D. Lgs. 205/2010, classifica inoltre come "rifiuti speciali", i materiali da operazioni di demolizione e costruzione, e quelli derivanti dalle attività di scavo in cantiere per cui il produttore abbia deciso o abbia l'obbligo di disfarsi o per cui l'analisi di caratterizzazione ambientale non abbia soddisfatto i requisiti di idoneità al riutilizzo.

Tali rifiuti, sono solitamente identificati al capitolo 17 del C.E.R. (Codice Europeo dei Rifiuti): rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione.

I rifiuti speciali possono essere raggruppati, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, nella forma del cosiddetto "deposito temporaneo" (art. 183, comma 1, lett. bb). In ragione di quanto previsto dal cosiddetto "principio di precauzione e di prevenzione", tale deposito deve essere "controllato" dal suo produttore o detentore e, quindi, questi devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento secondo precise modalità.

Dal deposito temporaneo interno al cantiere, i rifiuti da demolizione e costruzione devono obbligatoriamente essere conferiti a soggetti debitamente autorizzati allo svolgimento delle fasi di recupero o, in alternativa, a fasi residuali di smaltimento.

I rifiuti pertanto possono essere avviati a:

- Smaltimento: presso impianto di stoccaggio autorizzato per il successivo conferimento in discarica per rifiuti inerti.
- Recupero: presso impianti, fissi o mobili, debitamente autorizzati.

Ai fini della corretta gestione del rifiuto prodotto, il produttore è tenuto a:

- ✓ attribuire il CER corretto e la relativa gestione;
- ✓ organizzare correttamente il deposito temporaneo dei rifiuti prodotti;
- ✓ stabilire le modalità di trasporto e verificare l'iscrizione all'Albo del trasportatore (Albo Nazionale Gestori Ambientali);
- ✓ definire le modalità di Recupero/Smaltimento e individuare l'impianto di destinazione finale, verificando l'autorizzazione del gestore dell'impianto presso cui il rifiuto verrà conferito;
- ✓ tenere, ove necessario, la tracciabilità della gestione del rifiuto (ad es. registro di Carico/Scarico, Formulario di Identificazione dei Rifiuti, ecc).

3.5 INTERAZIONE OPERA AMBIENTE

La presente sezione ha lo scopo di definire gli impatti prodotti dall'opera infrastrutturale in progetto per ciascuna delle matrici ambientali potenzialmente interessate, durante la fase di cantiere e di esercizio. Con lo scopo di individuare gli impatti generati sulle matrici ambientali, è necessario definire una metodologia di va-

lutazione che consenta di mettere in luce gli effetti negativi e positivi causati dalla realizzazione del progetto. Nel presente lavoro si è optato per un approccio valutativo di tipo quali-quantitativo, utilizzando una metodologia di "tipizzazione degli impatti" finalizzata ad individuare tutti gli impatti generati dal progetto, in modo da evidenziare le componenti ambientali per le quali è necessario adottare misure di mitigazione specifiche e a sviluppare un piano di monitoraggio che permetta di seguire nel tempo gli interventi realizzati.

3.5.1 Popolazione e salute umana

Nel seguito si analizzano le tematiche relative all'impatto sulla salute pubblica maggiormente connesse con un'opera stradale:

- inquinamento atmosferico: Gli effetti sulla salute pubblica delle sostanze emesse in atmosfera sono vari e diversificati a seconda dell'inquinante e, ovviamente, delle specifiche concentrazioni. A livello internazionale e a livello nazionale numerosi studi epidemiologici hanno analizzato le correlazioni tra inquinamento e morbidità o mortalità tra la popolazione. Le analisi svolte in relazione allo stato della qualità dell'aria mostrano come per lo scenario progettuale sono ipotizzabili emissioni in linea con l'evoluzione recente. L'ulteriore miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle tendenze attuali potrà avvenire per lo più in seguito al rinnovamento del parco circolante, i dati messi a disposizione dall'ARPA evidenziano, infatti, come al trend tendenzialmente costante dei flussi di traffico si accompagni il rinnovamento tecnologico del parco veicoli sia leggeri che pesanti e la conseguente riduzione delle emissioni.
- inquinamento acustico: Le emissioni sonore prodotte dal traffico sono essenzialmente dovute al motore, allo scarico dei gas combusti, alle segnalazioni acustiche, alle caratteristiche aerodinamiche delle carrozzerie e al rotolamento degli pneumatici sulla superficie stradale, in particolare all'aumentare della velocità dei veicoli. La sovraesposizione al rumore provoca problemi particolarmente gravi alle persone, causando alterazioni fisiologiche e/o patologiche che variano in funzione delle caratteristiche fisiche del rumore e della risposta dei soggetti esposti.
- Gli effetti nocivi sull'uomo sono riconducibili principalmente ai danni fisici all'organo dell'udito o altri organi del corpo umano (apparato cardio-vascolare, cerebrale, digerente, dell'equilibrio, respiratorio, visivo), che sono correlati ad esposizioni elevate raggiungibili solo in ambiti circoscritti quali alcuni luoghi di lavoro (che devono essere opportunamente mitigati).

3.5.1.1 Fase di cantiere

Per la realizzazione dell'opera sarà necessario allestire le n.3 aree di cantiere previste, che si sviluppano in:

- CB001 - L'area di superficie pari a 13.150 mq sarà destinata a Campo Base, Cantiere Operativo e Area di deposito del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (3.450 mq);
- ADS01 - L'area di superficie pari a 3.150mq sarà destinata ad Area di Supporto distinta in Area di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (700 mq) ed Area di deposito temporaneo materiale proveniente dagli scavi (2.450 mq);
- ADS02 - L'area di superficie pari a 2.800 mq sarà destinata ad Area di Supporto distinta in area di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere (800 mq) ed Area di deposito temporaneo materiale proveniente dagli scavi (2.00 mq);

Le aree di cantiere si sviluppano a ridosso di strutture viarie già esistenti o di previsione, che esercitano impatti con i quali gli abitanti ivi residenti coabitano da tempo. Tuttavia, è necessario, indipendentemente dalla collocazione dell'area di cantiere, prevedere la casistica di impatti che queste genereranno sulle maestranze operanti e sugli abitanti residenti nel territorio.

Gli scenari che si prefigurano a livello di impatto sulla salute umana sono sostanzialmente due:

- 1) polveri che si generano sia all'interno (lavorazione terre, passaggio mezzi, stoccaggio terre, impianti di produzione CLS etc) che all'esterno delle aree di cantiere (transito dei mezzi, trasporto terre etc);
- 2) produzione di rumore (martelli demolitori, flessibili, betoniere, seghe circolari, gru, transito di mezzi etc).

Per una più approfondita valutazione degli impatti di cantiere si rimanda ai paragrafi successivi in cui sono stati presi in considerazione gli studi specialistici relativi a Rumore (111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0010-0 Relazione impatto acustico di cantiere) ed Atmosfera (cfr. par. 3.5.5.1 Fase di Cantiere)

3.5.1.2 Fase di esercizio

Ad opera realizzata, gli effetti sulla salute pubblica sono solo in parte dovuti alle sostanze emesse in atmosfera e alle specifiche concentrazioni delle stesse da parte dei veicoli che percorreranno il nuovo tratto dell'infrastruttura realizzata, in parte all'impatto acustico dei mezzi che percorreranno le nuove carreggiate.

I fattori di emissione per ogni inquinante sono funzione della velocità media di percorrenza e della situazione di traffico (strada urbana congestionata e non congestionata, extraurbana, autostrada). Dallo studio dell'atmosfera emerge che per lo scenario progettuale sono ipotizzabili emissioni in linea con l'evoluzione recente. L'ulteriore miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle tendenze attuali potrà avvenire per lo più in seguito al rinnovamento del parco circolante, eventualmente imposto o guidato da specifiche politiche.

Dal modello previsionale al 2030 nello studio sull'atmosfera emerge che il bilancio emissivo per il 2030 comporta una significativa riduzione delle emissioni rispetto ad uno stato attuale proiettato nel 2030 (tra il -6 e il -9% a seconda dell'inquinante), in virtù dell'introduzione delle modifiche infrastrutturali in progetto e alla conseguente fluidificazione del traffico prevista, in quanto la nuova infrastruttura ampliata e fluidificata permetterà un traffico scorrevole e una certa velocità oraria.

Questo risultato evidenzia precisamente l'efficacia dell'intervento, andando a diminuire quelle che sono le emissioni in atmosfera previste che subiranno una tendenza in negativo e dunque un impatto inversamente proporzionale positivo.

Dal punto di vista acustico la rumorosità prodotta dai veicoli che circoleranno in maniera più cospicua ha origine da diverse componenti, in particolare: motore, resistenza dell'aria, rotolamento degli pneumatici, motorizzazioni accessorie (impianto di condizionamento, ventola del radiatore, ecc.), nonché l'azionamento dei freni. Il motore stesso è sede di compressioni, scoppi e decompressioni che producono una quantità di rumore in funzione diretta del numero di giri. Infine, l'azione dei freni che si manifesta attraverso lo sfregamento fra ferodo e disco; se la pressione fra i due elementi è elevata si può provocare il trascinarsi dello pneumatico sull'asfalto; l'azione combinata dei due fenomeni è causa di elevati livelli di rumorosità.

Inoltre, l'inquinamento acustico dovuto a traffico su strada dipende, in larga misura, dalle caratteristiche stesse della superficie stradale, in particolare dalla tessitura e dalla porosità. Queste due caratteristiche influenzano la generazione del rumore derivante da contatto pneumatico/strada e la sua propagazione nell'ambiente.

Per una più approfondita valutazione degli impatti di esercizio per gli agenti fisici si rimanda ai paragrafi successivi in cui sono stati presi in considerazione gli studi specialistici relativi a Rumore (111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0001-0 Relazione impatto acustico esercizio e relativi allegati) e Atmosfera (cfr. par. 3.5.5.2 Fase di Esercizio)

Al fine di una attenuazione dell'impatto sulla componente rumore, saranno affrontate le relative opere di mitigazione nel capitolo seguente relativo alle mitigazioni e compensazioni.

3.5.2 Biodiversità

VEGETAZIONE, FLORA ED ECOSISTEMI

I principali fattori causali di impatto derivati dal progetto e inerenti direttamente o indirettamente le componenti "Vegetazione, Flora ed Ecosistemi" possono essere riassunti nella tabella che segue.

Tabella 3-9. Principali fattori causali d'impatto potenziale

FATTORI CAUSALI DI IMPATTO POTENZIALE SULLA COMPONENTE "VEGETAZIONE, FLORA E ECOSISTEMI"	
OCCUPAZIONE O INTRUSIONE FISICA DI AREE/SUPERFICI INTERESSATE DA AZIONI PROGETTUALI	Da introduzione temporanea di nuovi elementi (ad es. aree cantiere, piste di accesso, rilevati e accumuli di terra temporanei, ecc.)
	Da introduzione permanente di nuovi elementi (ad es. allargamento carreggiate, opere a verde, ecc.)
	Da trasformazione di elementi preesistenti (ad es. adeguamento sottopassi, tombini, ecc.)
ELIMINAZIONE DI ELEMENTI ESISTENTI	Per la vegetazione: sottrazione di soprassuolo vegetato presso gli attraversamenti dei principali corsi d'acqua, lungo le scarpate della banchina stradale e presso le aree di cantiere Per la componente faunistica: impatto sulla fauna (soprattutto in riproduzione) legata agli spazi interessati dagli interventi durante la fase di cantiere e di esercizio
CONSUMO / RIMOZIONE / PRELIEVO DI RISORSE DALL'AMBIENTE	Consumo di suolo
	Rimozione di piante (alberi, arbusti) e di lembi di copertura vegetale
INTRODUZIONE DI NUOVE RISORSE NELL'AMBIENTE	Sabbie e ghiaie
	Piante (alberi, arbusti nelle opere a verde) e lembi di copertura vegetale (prati nelle opere a verde)
RILASCIO INTENZIONALE NELL'AMBIENTE DI SOSTANZE / MATERIALI / ENERGIA	Fertilizzanti e humus (opere a verde)
	Scarico o rilascio idrico (dalle acque raccolte dal piano stradale)

RILASCIO NON INTENZIONALE O ACCIDENTALE (ANCHE RISULTANTE DA GUASTI, PERDITE, SCOPPI E ESPLOSIONI) NELL'AMBIENTE DI SOSTANZE / MATERIALI / ENERGIA	Contaminanti nell'aria (polveri, gas di scarico, fumi, ...)
	Emissione di rumore e vibrazioni
	Emissione di odori sgradevoli
	Contaminanti in acqua (solidi sospesi / sedimentabili, sostanze chimiche, ...)
	Contaminanti nel suolo (preparazioni speciali del cantiere, oli combustibili e altre sostanze chimiche, ...)
INTERFERENZE DA SERVIZI / ATTIVITÀ DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	Presenze e flussi per attività lavorative legate alla realizzazione di viabilità e delle infrastrutture e strutture ad esse collegate
	Presenze e flussi per attività lavorative legate alle sistemazioni a verde
INTERFERENZE DA PRESENZE PER SERVIZI / ATTIVITÀ DURANTE ESERCIZIO DELL'OPERA	Flussi veicolari (incremento dei veicoli in transito lungo l'A13, nuovi flussi lungo le complanari)
	Presenze e flussi per la gestione e la manutenzione della viabilità e delle infrastrutture e strutture ad esse collegate
	Introduzione volontaria o involontaria di specie alloctone o invasive

Una volta definite le caratteristiche naturali del sito e del progetto, mettendo a fuoco i fattori che potenzialmente possono determinare l'insorgenza di interferenze e perturbazioni ambientali, si procede all'identificazione degli impatti, ossia di tutti i possibili effetti ambientali indotti dalle azioni e dalle opere del progetto

3.5.2.1 Fase di cantiere

Durante la fase di cantiere del progetto sono state considerate le seguenti azioni/lavorazioni:

- approntamento e impianto dei campi e dei cantieri;
- esecuzione di piste di accesso;
- realizzazione tracciato e realizzazione/adequamento opere annesse quali: sottopassi viari (formazione di rilevati quando non presenti, scotico superficiale, compattazione piano di posa, formazione fondazione e pacchetto stradale, sistema di drenaggio delle acque che interessano la piattaforma, allungamento tombini e scatolari, nuove pile, ampliamento spalle, ampliamento impalcato, posa guard-rail e new jersey, ecc.).

Relativamente alle aree di cantiere, queste ricadono all'interno di aree ricomprese nell'agroecosistema periurbano, ovvero in aree parzialmente urbanizzate e contermini ad aree costruite. Considerando la reversibilità del relativo consumo di suolo, non si ravvisano impatti significativi connessi a tali realizzazioni.

3.5.2.2 Fase di esercizio

Durante la fase di esercizio delle opere sono state considerate le seguenti azioni/situazioni:

- incremento dei flussi veicolari in transito e loro emissioni (inquinanti e rumore)
- manutenzione ordinaria delle infrastrutture viabili (comprese le opere annesse, legate comunque al
- mantenimento della viabilità stessa, quali tombini, cunette. ecc.).

Relativamente agli impatti sulla componente vegetazionale, le opere in progetto presentano impatti sostanzialmente transitori e di limitata significatività. I possibili impatti permanenti verso la flora d'alto fusto sono risultati non significativi (poiché insistono in gran parte su situazioni vegetazionali già compromesse e destabilizzate dai pregressi interventi antropici sul territorio) o non presenti (in quanto ad es. non sono presenti specie rare o sensibili).

Relativamente alla possibile compromissione di funzionalità a livello ecosistemico, non sono state individuate alterazioni a carico dei gangli della rete ecologica (es. aree SIC, ZPS), né delle aree maggiormente sensibile dal punto di vista della connettività ecologica, ovvero i corridoi rappresentati dalle aste fluviali del torrente Savena e del fiume Reno, che decorrono a distanze considerevoli rispetto all'area interessata dai lavori. Questo, unito alla tipologia di lavorazioni previste, al ridotto consumo di suolo e alla durata relativamente breve delle stesse, permette di escludere eventuali impatti a carico delle due aree di connettività ecologica citate.

Si sottolinea inoltre come il tracciato in progetto cada interamente all'interno di zone urbanizzate o di agroecosistema, di scarso valore dal punto di vista della funzionalità ecologica, oltretutto già compromessa dalla presenza di numerosi fasci di infrastrutture lineari che decorrono attraverso l'area vasta in esame. Non si individuano pertanto impatti significativi sulla componente analizzata.

I principali fattori causali di impatto derivati dal progetto e inerenti direttamente o indirettamente la fauna possono essere riassunti nella seguente tabella

Tabella 3-10. Principali fattori causali d'impatto potenziale

FATTORI CAUSALI DI IMPATTO SULLA COMPONENTE "FAUNA"	
OCCUPAZIONE O INTRUSIONE FISICA DI AREE/SUPERFICI INTERESSATE DA AZIONI PROGETTUALI	Da introduzione temporanea di nuovi elementi (ad es. aree cantiere, piste di accesso, rilevati e accumuli di terra temporanei, ecc.)
	Da introduzione permanente di nuovi elementi (ad es. allargamento carreggiate, opere a verde, ecc.)

	Da trasformazione di elementi preesistenti (ad es. adeguamento sottopassi, tombini, ecc.)
ELIMINAZIONE DI ELEMENTI ESISTENTI	Per la componente faunistica: impatto sulla fauna (soprattutto in riproduzione) legata agli spazi interessati dagli interventi durante la fase di cantiere e di esercizio
CONSUMO / RIMOZIONE / PRELIEVO DI RISORSE DALL'AMBIENTE	Consumo di suolo
	Rimozione di piante (alberi, arbusti) e di lembi di copertura vegetale
INTRODUZIONE DI NUOVE RISORSE NELL'AMBIENTE	Sabbie e ghiaie
	Piante (alberi, arbusti nelle opere a verde) e lembi di copertura vegetale (prati nelle opere di a verde)
RILASCIO INTENZIONALE NELL'AMBIENTE DI SOSTANZE / MATERIALI / ENERGIA	Fertilizzanti e humus (opere a verde)
	Scarico o rilascio idrico (dalle acque raccolte dal piano stradale)
RILASCIO NON INTENZIONALE O ACCIDENTALE (ANCHE RISULTANTE DA GUASTI, PERDITE, SCOPPI E ESPLOSIONI) NELL'AMBIENTE DI SOSTANZE / MATERIALI / ENERGIA	Contaminanti nell'aria (polveri, gas di scarico, fumi, ...)
	Emissione di rumore e vibrazioni

	Emissione di odori sgradevoli
	Contaminanti in acqua (solidi sospesi / sedimentabili, sostanze chimiche, ...)
	Contaminanti nel suolo (preparazioni speciali del cantiere, oli combustibili e altre sostanze chimiche, ...)
INTERFERENZE DA SERVIZI / ATTIVITÀ DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA	Presenze e flussi per attività lavorative legate alla realizzazione di viabilità e delle infrastrutture e strutture ad esse collegate
	Presenze e flussi per attività lavorative legate alle sistemazioni a verde
INTERFERENZE DA PRESENZE PER SERVIZI / ATTIVITÀ DURANTE ESERCIZIO DELL'OPERA	Flussi veicolari (incremento dei veicoli in transito lungo l'A13, nuovi flussi lungo le complanari)
	Presenze e flussi per la gestione e la manutenzione della viabilità e delle infrastrutture e strutture ad esse collegate
	Introduzione volontaria o involontaria di specie alloctone o invasive

Una volta definite le caratteristiche naturali del sito e del progetto, mettendo a fuoco i fattori che potenzialmente possono determinare l'insorgenza di interferenze e perturbazioni ambientali, si è proceduto all'identificazione degli impatti, ossia di tutti i possibili effetti ambientali indotti dalle azioni e dalle opere del progetto.

3.5.2.3 Impatti per la componente fauna

Durante la fase di cantiere del progetto sono state considerate le seguenti azioni/lavorazioni:

- approntamento e impianto dei campi e dei cantieri;
- esecuzione di piste di accesso;
- realizzazione tracciato e realizzazione/adeguamento opere annesse;
- realizzazione delle opere a verde;

- modificazioni provvisorie del reticolo idrografico secondario

Durante la fase di esercizio delle opere sono state considerate le seguenti azioni/situazioni:

- incremento dei flussi veicolari in transito e loro emissioni (inquinanti e rumore);
- manutenzione ordinaria delle infrastrutture viabili (comprese le opere annesse).

Per le fasi di costruzione e di esercizio, le opere/lavorazioni e le azioni individuate possono generare gli impatti seguenti:

- 1) Modificazione di habitat idonei a riproduzione, alimentazione o rifugio: La riduzione degli ambienti idonei allo svolgimento di importanti fasi del ciclo biologico (riproduzione, sosta migratoria, svernamento, latenza invernale) e delle diverse attività vitali (alimentazione, riproduzione, rifugio) sarà verosimilmente osservabile, ma il suo effetto, sebbene negativo, sarà trascurabile. Le opere infatti andranno ad erodere una quantità limitata di habitat naturali o naturaliformi in contesti già attualmente caratterizzati da un elevato grado di antropizzazione. La maggior parte della superficie erosa dall'opera rappresenta dunque già oggi un ambiente poco idoneo ad ospitare specie animali, soprattutto quelle maggiormente sensibili alle alterazioni della qualità ambientale. Bisogna inoltre considerare che tra le specie della lista di riferimento non sono presenti taxa esclusivi dell'area interessata dall'intervento. Inoltre le poche emergenze conservazionistiche (specie di interesse comunitario o specie minacciate di estinzione) presenti nella lista di riferimento non frequentano verosimilmente l'area di progetto se non in maniera occasionale. ► IMPATTO NEGATIVO TRASCURABILE, MITIGABILE
- 2) Modificazione delle direttrici di spostamento sul terreno di animali vertebrati a locomozione terrestre: La creazione di infrastrutture lineari genera una frammentazione degli ambienti naturali che può impedire la connessione tra popolazioni o addirittura la connessione tra due ambienti necessari allo svolgimento di due fasi del ciclo biologico (ad esempio per gli anfibi tra le aree di riproduzione, stagni o pozze, e quelle di rifugio, boschi o altre zone vegetate). Nell'area studiata la frammentazione ecologica è già molto alta per la presenza di diverse infrastrutture tra cui ferrovie, strade provinciali e autostrade. Non vi sono corridoi ecologici integri e le opere di progetto non vanno ad incrementare la frammentazione di ambienti naturali in quanto si inseriscono come allargamento di infrastruttura esistente. ► IMPATTO ASSENTE;
- 3) Impatto diretto su specie presenti nelle aree di intervento durante le attività di cantiere: Buona parte delle attività di cantiere saranno svolte in aree antropizzate (autostrada e sue immediate prossimità), ma alcune saranno comunque realizzate in ambienti agricoli. Non si può dunque escludere che le attività stesse arrechino danni diretti in maniera accidentale a specie ivi presenti. Nelle aree di progetto non sono verosimilmente presenti specie animali di un certo valore conservazionistico.. Tuttavia la variazione del rischio attuale in seguito alle opere di progetto, sia per quanto concerne la fase di cantiere sia per quella di esercizio, è da ritenersi trascurabile e temporaneo per la fase di cantiere. ► IMPATTO NEGATIVO TRASCURABILE, MITIGABILE
- 4) Investimenti di fauna a locomozione terrestre (rettili, anfibi, mammiferi): La realizzazione di una infrastruttura viaria, specialmente in prossimità di corpi idrici, comporta sempre un potenziale impatto sulla fauna, soprattutto a carico delle specie che effettuano migrazioni riproduttive verso l'ambiente acquatico (in particolare gli anfibi). Nel caso in oggetto, tale impatto è sostanzialmente trascurabile, perché: - la maggior parte degli interventi insiste su infrastrutture esistenti; - dove verranno realizzate opere ex-novo non esistono biotopi interessati da migrazioni riproduttive; La fase più impattante sarà verosimilmente quella di cantiere e in questo caso l'impatto risulterà dunque temporaneo. ► IMPATTO NEGATIVO TRASCURABILE, MITIGABILE
- 5) Collisioni con avifauna: La fauna ornitica può subire collisioni con autoveicoli in transito lungo un asse viario sia quando l'infrastruttura viene attraversata in volo radente, sia quando gli animali vi si posano. Nel caso di questo progetto la generazione di una variazione del rischio attuale, sia per quanto concerne la fase di cantiere sia per quella di esercizio, è da ritenersi trascurabile e temporanea per la fase di cantiere. ► IMPATTO NEGATIVO TRASCURABILE, MITIGABILE.
- 6) Modificazioni comportamentali di specie sensibili indotte da disturbi e da interferenze di tipo visivo: L'impatto legato alle modificazioni comportamentali indotte da disturbi e interferenze di tipo visivo può senza dubbio essere considerato assente a causa della situazione attuale dell'area di progetto. ► IMPATTO ASSENTE

- 7) Modificazioni comportamentali di specie sensibili indotte da disturbi e da interferenze di tipo acustico: L'impatto legato alle modificazioni comportamentali indotte da disturbi e interferenze di tipo visivo può senza dubbio essere considerato assente a causa della situazione attuale dell'area di progetto. ► IMPATTO ASSENTE;
- 8) Modificazioni comportamentali di specie sensibili indotte da disturbi e da interazioni con l'uomo: L'impatto legato alle modificazioni comportamentali indotte da disturbi e interferenze di tipo visivo può senza dubbio essere considerato assente a causa della situazione attuale dell'area di progetto. ► IMPATTO ASSENTE.

3.5.3 Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare

3.5.3.1 Fase di cantiere

La realizzazione della nuova infrastruttura comporta l'impermeabilizzazione del fondo stradale mediante asfaltatura e il conseguente consumo definitivo di suolo.

Per definire l'entità dell'impatto è necessario valutare l'estensione dei suoli interessati dall'area di intervento.

Per quanto riguarda la valutazione dell'area che sarà impermeabilizzata a seguito della realizzazione del progetto, attualmente il suolo è già quasi totalmente occupato dall'infrastruttura esistente, dunque, quasi completamente impermeabilizzato; pertanto, l'impatto è riferibile solo alle porzioni ex novo della nuova infrastruttura come deviazioni stradali, rami di uscita nuovi, nuove ricuciture con la viabilità esistente, adeguamenti della carreggiata

L'impatto può dunque essere classificato come medio se si considera che la realizzazione dell'intervento comporta comunque un consumo di suolo (qui considerato come risorsa), precludendo la possibilità di impiegarlo per altre destinazioni d'uso (nel caso in esame soprattutto uso agricolo. Si prevede che l'impatto non assuma caratteristiche di particolare criticità in relazione alle dimensioni relativamente limitate dell'intervento.

La realizzazione della nuova infrastruttura viaria comporta lo sbancamento di suolo con asportazione e successivo stoccaggio in cumuli del terreno vegetale in corrispondenza delle aree di cantiere. Il dilavamento da parte degli agenti atmosferici sui cumuli e il progressivo compattamento dei cumuli di stoccaggio del terreno vegetale può pregiudicarne le proprietà biologiche e pedologiche, con conseguente perdita di fertilità del suolo.

Questo tipo di impatto può comunque essere considerato reversibile; infatti, il suolo opportunamente stoccato potrà essere successivamente reimpiegato in diverse operazioni (come meglio sarà affrontato nella relazione sulle terre e rocce da scavo) come ad esempio nelle operazioni di inserimento paesaggistico e schermatura della strada (inerbimenti rilevati e realizzazione di siepi stradali), sebbene sia opportuno prestare attenzione al fatto che la lisciviazione e la compattazione dei cumuli possono comportare una progressiva perdita di fertilità ed il perdurare nel tempo di queste condizioni può rendere il suolo stoccato completamente sterile.

Ulteriore tipo di impatto che si verifica in fase di cantiere è la necessità di consumo di risorse non rinnovabili per la costruzione dell'opera (approvvigionamento di sabbia e ghiaia per la realizzazione dei rilevati stradali e la produzione di conglomerati bituminosi), pertanto si provvederà all'approvvigionamento di parte di queste risorse da cave/impianti presenti sul territorio.

Le aree di cantiere e, in generale, le superfici interessate dai lavori per la realizzazione delle opere non da queste ultime fisicamente occupate in quanto ad esse destinate, saranno oggetto di interventi di recupero ambientale a verde avente funzione di riqualificazione e inserimento paesaggistico a verde. Le aree di cantiere precedentemente agricole saranno ripristinate ad uso agricolo, con inerbimento finale a medicaio (per gli aspetti di dettaglio si rimanda all'elaborato "111326-0000-PD-AU-AMB-OV000-00000-R-SUA0001 – Relazione tecnico-specialistica").

Per quanto attiene al bilancio delle terre e rocce scavo per la realizzazione del progetto si sottolinea che tutti i materiali da scavo, che non rispettano le condizioni espresse per il riutilizzo in sito o in siti diversi da quello di scavo, saranno sottoposti alle disposizioni vigenti in materia di rifiuti riportate nella Parte IV "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinanti", ai sensi dell'art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs.

152/06 e ss.mm. Allo stesso tempo alcune tipologie di materiali identificate quale rifiuto, perché riferite ad operazioni di demolizione e costruzione, saranno opportunamente gestiti (impianti di trattamento e recupero o smaltimento in discarica) come ad es.: i fanghi di risulta derivanti da perforazioni profonde per la realizzazione di pali e diaframmi; il materiale proveniente da demolizioni e smantellamento e/o cernita di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, ecc).

3.5.3.2 Fase di esercizio

Gli impatti prevedibili in fase di esercizio sono definiti all'occupazione definitiva del suolo da parte dell'infrastruttura stradale con conseguente alterazione definitiva dell'assetto fisico e morfologico del territorio.

Il consumo di suolo legato alla realizzazione di una infrastruttura stradale è un impatto irreversibile, tuttavia nel caso in esame, trattandosi di un potenziamento di una infrastruttura esistente le opere interessano in gran parte il tracciato dell'autostrada A13 e della via Aposazza esistenti.

A tale proposito si rileva, come inserito nell'aspetto paesaggistico, che l'attuale morfologia del suolo è sub-pianeggiante. L'intervento in progetto ha inizio all'altezza dell'interconnessione tra l'autostrada A14 (Bologna – Taranto) e l'autostrada A13 (Bologna – Padova) e termina, tramite un'intersezione a livelli sfalsati, lungo la via Aposazza.

Esso ricade completamente in comune di Bologna e si sviluppa quasi interamente in affiancamento all'autostrada A13 e relativi svincoli ad eccezione della parte terminale, dove per consentire l'inserimento delle rampe di svincolo si discosta.

L'infrastruttura in via del tutto generale ricalca in buona parte il tracciato dell'esistente A13 e Via Aposazza. L'impatto maggiore si crea in prossimità delle opere d'arte maggiori. In particolare in corrispondenza del cavalcavia esistente di Via Aposazza dell'autostrada A13 Bologna – Padova nel tratto Arcoveggio – Ferrara Sud verranno realizzate due nuove complanari all'autostrada creando così un collegamento tra l'attuale sistema delle Tangenziali di Bologna e la sottostante Via Aposazza.

È quindi prevista la realizzazione di due nuove opere di scavalco, una in direzione nord, l'altra in direzione sud

Si sottolinea che in relazione alla sua ubicazione in un'area di pianura l'area di intervento interessa zone prive di forme di dissesto; non è quindi prevedibile l'insorgenza di fenomeni gravitativi che possano pregiudicare negativamente la stabilità e la funzionalità dell'opera.

Altro impatto da considerare è l'insorgenza, tramite l'ampliamento stradale e realizzazione di opere accessorie, di una cospicua superficie impermeabilizzata, che va a sostituirsi all'originario terreno. Il suolo, in questo caso, viene privato della sua naturale predisposizione di drenaggio delle acque superficiali, specialmente in quelle zone dove la componente granulometrica dei litotipi affioranti è più tendente al sabbioso-ghiaioso, piuttosto che al limo argilloso.

Per quanto al patrimonio agro alimentare l'opera in progetto non possiede interferenza con lo stesso.

Il bilancio dei materiali di risulta e di scavo il bilancio delle terre riassume i quantitativi dei materiali che saranno movimentati per la realizzazione dei diversi interventi, indicando i volumi in banco degli scavi e dei riutilizzi ricavati dagli elaborati progettuali.

Il riutilizzo, ai fini dell'inquadramento a sottoprodotti del materiale ai sensi dell'art.184-bis (Sottoprodotto) del DLgs 152/2006 e dei requisiti ambientali specificati negli articoli 4, 8 e 9 del DPR 120/2017, è stimato in 57.967 mc complessivi (pari al 67% del totale), così previsti in opera:

- sistemazione del terreno vegetale nei cigli, nelle scarpate e nelle rotatorie per un volume complessivo di circa 4.025 mc, soddisfacendo completamente il fabbisogno previsto e prevedendo quindi un esubero di circa 2.572 mc;
- realizzazione del rilevato stradale, dei riempimenti e reinterri per un volume complessivo di circa 48.122 mc;
- predisposizione aree di cantiere, come già indicato per la sistemazione finale, in 4.850 mc.

Complessivamente i risultati della caratterizzazione consentono di affermare che:

- a) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, **tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili**;
- b) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabili ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
- c) la maggior parte dei materiali (sulla base delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o nell'impiego dei ritombamenti o reinterri nei casi di interferenza con la porzione satura.
- d) **per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale**, in relazione alla corrispondenza dei siti di utilizzo e dei siti di destinazione.

3.5.4 Geologia e acque

3.5.4.1 Fase di cantiere

I principali impatti in fase di cantiere per queste componenti ambientali sono riferibili a eventuale percolazione di sostanze pericolose derivanti da sversamenti (quali carburanti e lubrificanti) dai mezzi di cantiere e dalle lavorazioni attraverso il sottosuolo insaturo, fino a costituire un potenziale pericolo anche per il sistema idrico sotterraneo o la rete idrica superficiale (nelle vicinanze del tracciato scorre infatti il torrente Savena Abbandonato), determinando quindi situazioni di inquinamento nei confronti delle matrici coinvolte.

Sulla base di queste considerazioni, nel caso di sversamenti accidentali, gli inquinanti possono comportare un peggioramento dello stato qualitativo dei corpi idrici ricettori o percolare in profondità nelle acque sotterranee.

È comunque da sottolineare che questo potenziale impatto si può generare qualora tali episodi non siano prevenuti grazie ad adeguate disposizioni per le maestranze ed accorgimenti nella fase di installazione dei cantieri (dotazione di sistemi di contenimento e raccolta di eventuali sversamenti) e cessa di esistere, essendo quindi reversibile, quando si termina l'attività di cantiere.

Un'altra valutazione relativa agli impatti sul suolo deriva dall'estensione di superficie impermeabilizzata, dovuta all'ampliamento stradale, che altera la naturale capacità drenante dei litotipi che affiorano lungo il tracciato di progetto. Tale problematica è stata già accennata nel paragrafo precedente, ma si vorrebbe approfondirla in questo in termini più strettamente geologici e idrogeologici.

Al fine di ricostruire la stratigrafia e le caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo in una zona pianeggiante e priva di affioramenti come quella in oggetto, è risultato indispensabile utilizzare dati provenienti da sondaggi geognostici e da pozzi. In primo luogo si è provveduto a reperire tutti i dati disponibili (presso enti pubblici, presso privati o risultanti da indagini pregresse realizzate da Autostrade) per una fascia molto più ampia di quella riportata nelle planimetrie allegate al presente progetto.

I risultati di tali indagini hanno fornito i principali elementi geologici-geomorfologici ed idrogeologici riscontrabili lungo i due assi in progetto.

I litotipi distinti nei profili geologici sono i seguenti due (identificati in funzione della composizione granulometrica prevalente):

- argille e/o limi prevalenti (terreni prettamente coesivi);
- ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose, sabbie, sabbie limose, sabbie limoso-argillose (terreni prettamente granulari).

Tali "macrocategorie" sono rappresentative del modello geologico del sottosuolo della pianura bolognese, poiché la composizione granulometrica dei terreni varia notevolmente, non consentendo la definizione di categorie più specifiche che potrebbero generare una moltitudine di partizioni poco significative. Nonostante queste semplificazioni, a causa della natura fortemente eteropica dei depositi cartografati, la forma e

l'estensione delle lenti di materiale riportate in profilo geologico deve essere assunta come verosimile ma non come l'unica possibile.

L'intervento previsto lungo l'asse Ovest e quello previsto lungo l'asse est si sviluppano sui terreni afferenti all'Unità di Modena (AES8a) che è contenuta nel subsistema di Ravenna (AES8) con limiti non conformi e che ne costituisce il tetto stratigrafico.

A profondità nell'ordine dei 15-20m dal piano campagna si ipotizza il passaggio ai depositi del Subsistema di Villa Verucchio (AES7).

La litologia del terreno di substrato preminente risulta quella coesiva, in cui sono intercalate lenti di terreno granulare; inoltre, da c.a. 30m di profondità è presente un cospicuo livello sabbioso-ghiaioso piuttosto continuo. La descrizione dettagliata della litostratigrafia dei terreni attraversati (in particolare i livelli torbosi) è contenuta nelle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti raccolte negli appositi elaborati allegati al presente progetto.

Dal punto di vista geomorfologico si segnala che la porzione iniziale dei due assi si sviluppa, secondo il P.S.C. di Bologna, nell'ambito di un dosso fluviale.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni di substrato presentano una permeabilità da bassa a molto bassa, essendo diffusamente limoso-argillosi; si evidenzia che, sulla base del modello isopiezometrico sviluppato per il progetto del Passante di Bologna (dati piezometrici riferibili a febbraio-marzo 2021), è possibile ipotizzare la presenza di una falda principale con soggiacenza di c.a. 7-9m. Tale andamento risulta compatibile con l'unica misura piezometrica disponibile per il sondaggio S-BF1-B, pari a 9,06 m da p.c. misurata a giugno 2011, ed ubicato presso il nuovo scatolare previsto in asse est. Infine è possibile ipotizzare la presenza di una falda ancora più superficiale, a carattere locale, la cui correlazione si è basata sulle misurazioni registrate nel mese di luglio 2018 durante le prove penetrometriche CPTUx-PE (tra 2,40m e 3,30m da p.c.) e dal datalogger installato nel sondaggio PB17bis in ambito Passante di Bologna (c.a. 4,5m da p.c.).

Ulteriore considerazione va infine compiuta circa i movimenti verticali cui la zona è soggetta a causa della subsidenza. Tali manifestazioni di movimento verticale negativo sono tendenzialmente attribuibili a processi diagenetici, tettonici e di riequilibrio isostatico, ma in alcuni casi anche di tipo antropico, come lo sfruttamento eccessivo delle falde acquifere. Nella fase preparatoria di approntamento di cantiere sarà pertanto necessario monitorare la falda acquifera sotterranea mediante misure freatiche nei pozzi limitrofi all'opera e, in generale, tenere sotto controllo i movimenti lungo tutto l'asse.

3.5.4.2 Fase di esercizio

In fase di esercizio la causa principale di possibile inquinamento delle matrici idrico superficiale e sotterraneo è costituita dalle acque di dilavamento della piattaforma stradale a seguito di precipitazione piovose, in particolare se successive ad un lungo periodo di siccità.

Tali acque, infatti, contengono sostanze inquinanti quali: sostanze depositate dal traffico veicolare (idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti, oli e grassi), sedimenti, cloruri (provenienti dall'impiego di sali di calcio e/o sodio quali anticongelanti stradali), agenti microbiologici.

Inoltre, eventuali sversamenti si possono verificare a causa di eventi accidentali con conseguente dispersione di idrocarburi e/o altre sostanze inquinanti. In questo caso è possibile intervenire tempestivamente mediante l'attivazione delle apposite procedure previste dalla parte IV titolo V del D. Lgs. 152/06.

L'intervento in progetto si colloca in adiacenza alla porzione iniziale dell'autostrada A13 nei pressi del casello di esazione. Il contesto territoriale è quello tipico di un'area periferica di un grande insediamento urbano. Convivono pertanto zone prettamente agricole ed aree fortemente urbanizzate a carattere industriale.

Per quanto riguarda l'area di intervento, non sono presenti interferenze idrografiche rilevanti che richiedono particolari opere di attraversamento e conseguenti sistemazioni idrauliche.

Nonostante non siano stati individuati effetti negativi sul fattore ambientale geologia e acque, ad eccezione degli effetti legati a eventuali sversamenti accidentali per i quali devono essere adottate le opportune misure gestionali, in via cautelativa all'interno del Piano di Monitoraggio Ambientale è stata inserita apposita valuta-

zione in merito alle acque sotterranee, con riferimento alla fase di corso d'opera e di esercizio, oltre che di ante operam, quest'ultima funzionale ad approfondire nel dettaglio il quadro conoscitivo.

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla costruzione e dall'esercizio dell'autostrada avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini.

3.5.5 Atmosfera

3.5.5.1 Fase di cantiere

La stima degli impatti legati alle attività di cantiere è stata effettuata limitatamente alle polveri (intese come PTS e PM₁₀), che sono di gran lunga le emissioni più significative e sicuramente quelle che possono arrecare i maggiori disturbi.

La procedura di stima ha previsto i seguenti passi logici:

- 1) identificazione delle attività di cantiere sorgenti di polveri;
- 2) determinazione dei fattori di emissione e creazione dell'inventario delle emissioni;
- 3) implementazione dei dati nel modello di calcolo CALPUFF (della Lakes Environmental);
- 4) calcolo delle concentrazioni di PM₁₀ e delle deposizioni al suolo di PTS;
- 5) rappresentazione spaziale delle concentrazioni medie giornaliere e medie annue di PM₁₀ e confronto con i limiti di legge;
- 6) rappresentazione della deposizione al suolo e confronto con i valori guida del Ministero dell'Ambiente.

Al fine di valutare gli impatti in fase di cantiere si sono considerate le seguenti sorgenti di particolato:

- a) polvere sollevata dal transito dei mezzi nell'ambito delle aree di cantiere e delle aree interessate dallo sviluppo dell'intervento in esame;
- b) polvere sollevata per erosione dalle aree di deposito temporaneo;
- c) polvere generata dalla movimentazione e risistemazione delle terre (scotico, attività di escavatori/pale, movimentazione e compattazione delle terre);
- d) polvere sollevata nelle operazioni di carico e scarico dagli autocarri;
- e) polvere generata dai motori dei mezzi presenti nelle aree di cantiere e nelle aree interessate dallo sviluppo dell'intervento in esame.

In particolare, per valutare correttamente e compiutamente la distribuzione spaziale e temporale delle emissioni, sono state identificate le seguenti unità emissive:

- Aree di cantiere CB01 (13.150 mq), ADS01 (3.150 mq) e ADS02 (2.800 mq), in cui avviene la cantierizzazione iniziale;
- Aree di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere: area del CB01 da 3.450 mq, area dell'ADS01 da 700 mq e area dell'ADS02 da 800 mq;
- Aree di deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi: area dell'ADS01 da 2.450 mq e area dell'ADS02 da 2.000 mq;
- Cantiere operativo del CB01 (5.300 mq);
- Fronte di Avanzamento Lavori (FAL) del corpo stradale in corrispondenza delle Rampe di svincolo RS001 e RS002 (quest'ultima solo nel tratto parallelo all'autostrada);

Aree di intervento del corpo stradale in corrispondenza delle Rampe di svincolo RS005, RS006 e RS002 (quest'ultima solo nel tratto di immissione via Aposazza (ricciolo)).

Con riferimento al diagramma dei lavori si afferma che le lavorazioni avranno una durata di circa 36 mesi, (la maggior parte delle lavorazioni sono concentrate nei primi 24 mesi).

Nelle tabelle seguenti si riportano i parametri utilizzati per la stima delle emissioni desunti dalla progettazione della cantierizzazione. In particolare, nella Tabella 3-12 e Tabella 3-13 si riportano i mezzi che, cautelativamente, si ipotizza possano operare nelle diverse aree di cantiere/lavoro.

Tabella 3-11. Parametri di progetto

PARAMETRO			VALORE	U. M.
Dati attività	Giorni di lavoro al mese		21	giorni/mese
	Ore di lavoro giornaliere		10	h/giorno
	Avanzamento FAL RS001 (Nord)		56	m/mese
	Avanzamento FAL RS001 (Sud)		32	m/mese
	Avanzamento FAL RS002 (Tratta // A13)		65	m/mese
Dati mezzi di cantiere	Capacità di 1 autocarro		18	mc
	Distanza media percorsa da un mezzo sulle aree di intervento del corpo stradale e sui FAL		200	m
	Distanza media percorsa da un mezzo nelle aree di cantiere		80	m
Dati materiali	Densità terreno		1,7	t/mc
	Produzioni totali da scavi	Corpo stradale	74.105	mc
		Vegetale	6.598	mc
		Cantieri e fasi	5.820	mc
	Fabbisogni totali	Corpo stradale	61.200	mc
		Vegetale	4.025	mc
		Cantieri e fasi	10.670	mc
	Riutilizzi totali come sottoprodotti	Corpo stradale	48.122	mc
		Vegetale	4.025	mc
		Cantieri e fasi	5.820	mc

Tabella 3-12. Macchinari impiegati su ciascuna delle aree di intervento del corpo stradale e dei FAL

Macchinario	Numero di unità presenti	Numero di ore di funzionamento al giorno
Escavatore	2	10
Pala gommata	2	10
Autocarro	2	10
Autobetoniera	1	10
Gru	1	10
Carrello elevatore	1	10
Rulli	1	10

Tabella 3-13. Macchinari impiegati all'interno del cantiere operativo CB01

Macchinario	Numero di unità presenti	Numero di ore di funzionamento al giorno
Generica attrezzatura di superficie	4	10

Per la stima delle emissioni di polveri si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (E_i). Il fattore di emissione E_i dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E_i) = A \cdot E_i$$

dove:

Q(E_i): emissione dell'inquinante i (ad es. ton/anno);

A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);

E_i: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante).

La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività. Per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources) e dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Regione Toscana (ARPAT).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Polvere sollevata dal transito dei mezzi nell'ambito dell'area di cantiere

Per quanto attiene il sollevamento delle polveri generato dai mezzi in transito sulle piste interne al cantiere, si fa riferimento al fattore di emissione suggerito dalle Linee guida EPA per "Unpaved roads" (AP-42, Cap. 13, Par 13.2.2).

Il particolato è in questo caso originato dall'azione di polverizzazione del materiale superficiale delle piste, indotta dalle ruote dei mezzi. Le particelle sono quindi sollevate dal rotolamento delle ruote, mentre lo spostamento d'aria continua ad agire sulla superficie della pista dopo il transito.

Il particolato sollevato dal rotolamento delle ruote sulle piste non asfaltate (unpaved roads) è stimato con la seguente equazione:

$$E = k \left(\frac{s}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b$$

dove:

E: fattore di emissione di particolato su strade non pavimentate in siti industriali, per veicolo-miglio viaggiato (lb/VMT);

k, a, b: costanti empiriche per strade industriali, rispettivamente pari a 1,5, 0,9 e 0,45 per il PM₁₀ e a 4,9, 0,7 e 0,45 per il PTS;

s: contenuto in silt della superficie stradale non pavimentata, assunto pari al 15% (valore medio suggerito nella Tabella 13.2.4-1 delle linee guida EPA);

W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 50 tonnellate (si assume un peso medio dei veicoli pari a 20 tonnellate e un carico medio di 18 mc, pari a circa 30 t).

Il fattore di emissione così calcolato viene convertito nell'unità di misura g/VKT (VKT, veicolo-chilometro viaggiato) mediante un fattore di conversione pari a 281,9 (1lb/VMT = 281,9 g/VKT).

Non è stato considerato l'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni, ma si è ipotizzato l'utilizzo di un sistema di abbattimento delle emissioni tramite bagnatura delle strade. L'efficienza di abbattimento è stata stimata sulla base della seguente equazione (Cowherd et al, 1998), come suggerito dalle Linee guida di ARPAT:

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I$$

dove:

C : efficienza di abbattimento del bagnamento;

P: potenziale medio dell'evaporazione giornaliera;

trh: traffico medio orario (h⁻¹);

I: quantità media del trattamento applicato (l/m²);

τ: intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni.

In particolare, le Linee guida ARPAT suggeriscono di assumere come riferimento per il parametro P il valore medio annuale del caso-studio riportato nel documento USA-EPA "Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities" del 1998.

Inoltre, per esemplificare il calcolo, le Linee guida riportano nelle Tabelle 9, 10 e 11, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive t(h), considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora trh inferiore a 5, tra 5 e 10 e superiore a 10. Pertanto, assumendo un trh tra 5 e 10, I pari a 0,4 l/m² e τ tra le 3 e le 6 ore, si può raggiungere un'efficienza di abbattimento dell'80%.

L'emissione di particolato da strade non asfaltate è calcolata come il prodotto del fattore di emissione E per l'indicatore di attività A, espresso come VKT (veicolo-chilometri viaggiati).

Polvere sollevata per erosione dalle aree di stoccaggio temporaneo

Per la stima delle emissioni causate dall'erosione del vento, dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione, si è fatto riferimento a quanto riportato al Paragrafo 1.4 delle linee guida ARPAT.

La stima è basata sull'effettiva emissione dell'unità di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse.

L'emissione oraria di particolato Q si calcola dalla seguente espressione:

$$Q_i = E_i \cdot a \cdot movh$$

dove:

i: particolato (PTS, PM10, PM2.5);

Ei: fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato (kg/m²);

a: superficie dell'area movimentata (m²);

movh: numero di movimentazioni/ora.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare.

Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale.

Dai valori di altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m, e dal diametro della base D in m, si individua il fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella.

Tabella 3-14. Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato.

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM ₁₀	7.9E-06
PM _{2.5}	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM ₁₀	2.5 E-04
PM _{2.5}	3.8 E-05

Assumendo, in via cautelativa, che si tratti di cumuli bassi, ovvero con un rapporto tra l'altezza del cumulo H e il diametro della base D tale che $H/D \leq 0.2$ (si ipotizza H pari a 1,40 m e D pari a 7 m), si assumono come valori di E: $5,1 \cdot 10^{-4}$ per il PTS e $2,5 \cdot 10^{-4}$ per il PM₁₀.

La superficie dell'area movimentata è assunta pari alla superficie laterale del cumulo, mentre il numero di movimentazioni/ora è stimato sulla base dei quantitativi di materiale movimentato.

Polvere generata dalla movimentazione e risistemazione delle terre

Polvere sollevata dall'attività di scotico

L'attività di scotico (rimozione degli strati superficiali del terreno) e sbancamento del materiale superficiale viene effettuata di norma con ruspa o escavatore e, secondo quanto indicato al paragrafo 13.2.3 "Heavy construction operations" dell'AP-42, produce delle emissioni di PTS con un rateo di 5.7 kg/km.

Per il calcolo del fattore di emissione del PM₁₀ si considera cautelativamente un fattore di riduzione del PM₁₀ rispetto al PTS pari a 0,6 (linee guida ARPAT).

L'emissione di polveri totali è calcolata come il prodotto del fattore di emissione E per l'indicatore di attività A, che corrisponde al percorso della ruspa nella durata dell'attività. Seguendo quanto riportato nelle linee guida ARPAT, si è considerato un valore di 7 m/h.

Attività degli escavatori/pale

Per la stima delle emissioni di polveri generate dalle attività degli escavatori/pale, si fa riferimento al fattore di emissione suggerito dalle Linee guida EPA per "Bulldozing overburden" (AP-42, Cap. 11, Par 11.9-2).

Il fattore di emissione di polveri totali E è definito dalla seguente relazione:

$$E = 2.6 \frac{(s)^{1.2}}{(M)^{1.3}}$$

dove:

E: fattore di emissione di particolato da attività di escavazione (kg/h);

s: contenuto in silt del suolo, assunto pari al 7,5% (valore medio suggerito nella Tabella 13.2.4-1 delle linee guida EPA);

M: umidità del suolo, assunta pari al 14%.

L'emissione di polveri totali è il prodotto di E per l'indicatore di attività A, che corrisponde al numero di ore di lavoro al giorno.

Per il calcolo dei fattori di emissione del PM₁₀ le linee guida EPA suggeriscono, in questo caso specifico, un fattore di riduzione del PM₁₀ rispetto al PTS pari a 0,75.

Polvere sollevata per l'attività di compattazione

Per la stima delle emissioni di polveri generate dalle attività di compattazione dei suoli, si fa riferimento al fattore di emissione suggerito dalle Linee guida EPA per "Grading" (AP-42, Cap. 11, Par 11.9-2).

Il fattore di emissione di polveri totali (E) è definito dalla seguente relazione:

$$E = 0.0034 \cdot (S)^{2.5}$$

dove:

E: fattore di emissione di particolato da attività di compattazione (kg/VKT);

S = velocità media dei veicoli (km/h).

Per il calcolo del fattore di emissione del PM₁₀ le linee guida EPA suggeriscono, in questo caso specifico, un fattore di riduzione del PM₁₀ rispetto al PTS pari a 0,6.

L'emissione di polveri totali è il prodotto di E per un indicatore di attività A, che corrisponde ai km totali percorsi dai compattatori in un giorno.

Carico e scarico dagli autocarri

Per la stima delle emissioni di polveri determinate dal carico e scarico degli autocarri si fa riferimento ai fattori di emissione suggeriti dalle Linee guida EPA per "Truck loading by power shovel (batch drop)" e "Bottom dump truck unloading (batch drop)" (AP-42, Cap. 11, Par 11.9.4).

Il fattore di emissione di polveri totali (E) relativo al carico di materiale è pari a 0,018 kg/Mg, mentre il fattore di emissione relativo allo scarico posteriore degli autocarri è pari a 0,001 kg/Mg.

Per il calcolo del fattore di emissione del PM₁₀ si considera cautelativamente un fattore di riduzione del PM₁₀ rispetto al PTS pari a 0,6 (linee guida ARPAT).

L'emissione di particolato da tali attività è pari al prodotto del fattore di emissione E per l'indicatore di attività A, che corrisponde alle tonnellate (o Mg) di materiale caricato/scaricato dagli autocarri nell'unità di tempo considerata.

Polvere generata dai motori dei mezzi presenti

Per la stima delle emissioni di polveri dovute ai motori dei mezzi di cantiere impiegati, si è fatto riferimento ai fattori di emissione SCAB Fleet Average Emission Factors dei mezzi di costruzione.

Per tutti i mezzi di lavoro è stata utilizzata una potenza intermedia tra quelle presenti nella metodologia SCAB (potenze di circa 130 kW). Le emissioni giornaliere sono state calcolate considerando il numero di ore di utilizzo di ciascun mezzo.

Si evidenzia che la metodologia SCAB permette di stimare anche le emissioni di altri inquinanti, quali: CO, NOx, SOx, PM, CO₂ e CH₄.

Risultati

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati della stima delle emissioni.

In Tabella 3-15 si riportano le emissioni di polveri di dettaglio suddivise per unità emissiva e per attività, mentre in Tabella 3-16 si riporta il bilancio emissivo complessivo delle attività di cantiere (oltre alle emissioni di polveri, si riportano anche le emissioni di NOx, CO e C₆H₆ generate dai motori dei mezzi di cantiere (exhaust emissions)). In entrambe le tabelle le emissioni sono espresse in t/anno e sono state calcolate nei due anni in cui si verificano la maggior parte delle lavorazioni (Anno 1 e Anno 2), che, come meglio precisato al paragrafo 0, sono stati considerati per effettuare le simulazioni con il modello di calcolo CALPUFF.

Tabella 3-15. Dettaglio delle emissioni di polveri dalle lavorazioni di cantiere (t/anno)

UNITA' EMISSIVA	ATTIVITA' SORGENTI DI EMISSIONE		Anno 1		Anno 2		
			PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]	PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]	
AREE CANTIERE (CB01, ADS01, ADS02)	Transito mezzi area cantiere	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	5,96E-02	1,91E-02	0,00E+00	0,00E+00	
	Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	1,68E-02	1,01E-02	0,00E+00	0,00E+00	
		AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	3,66E-02	2,75E-02	0,00E+00	0,00E+00	
AREE DI DEPOSITO MATERIALE DI SCOTICO DA SCAVO AREE CANTIERE	Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	9,89E-03	5,94E-03	0,00E+00	0,00E+00	
	Stoccaggio cumuli	ARPAT Par 1.4 Erosione del vento dai cumuli	6,84E-03	3,35E-03	0,00E+00	0,00E+00	
AREE DI DEPOSITO MATERIALE PROVENIENTE DAGLI SCAVI	Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	4,95E-02	2,97E-02	5,94E-02	3,56E-02	
	Stoccaggio cumuli	ARPAT Par 1.4 Erosione del vento dai cumuli	2,55E-02	1,25E-02	3,07E-02	1,50E-02	
CANTIERE OPERATIVO CB01	Macchinari	SCAB fleet average emission factors	8,25E-02	6,19E-02	9,90E-02	7,42E-02	
FAL RS001 (Nord)	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	4,25E-01	1,36E-01	2,55E-01	8,16E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	8,38E-02	5,03E-02	5,03E-02	3,02E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	5,08E-01	3,05E-01	3,05E-01	1,83E-01
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	3,43E-01	1,10E-01	2,06E-01	6,59E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	2,28E-02	1,37E-02	1,37E-02	8,21E-03
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	8,45E-02	6,33E-02	5,07E-02	3,80E-02
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	4,03E-02	1,96E-02	2,42E-02	1,18E-02
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	1,01E-02	4,91E-03	6,04E-03	2,95E-03
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	1,43E-01	1,08E-01	8,60E-02	6,45E-02
FAL RS001 (Sud)	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	0,00E+00	0,00E+00	1,96E-01	6,29E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	0,00E+00	0,00E+00	6,70E-02	4,02E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-01	1,41E-01
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	0,00E+00	0,00E+00	1,59E-01	5,08E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	0,00E+00	0,00E+00	1,82E-02	6,33E-03
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	0,00E+00	0,00E+00	3,90E-02	2,93E-02
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	0,00E+00	0,00E+00	1,86E-02	9,08E-03
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	0,00E+00	0,00E+00	4,65E-03	2,27E-03
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	0,00E+00	0,00E+00	1,15E-01	8,60E-02

UNITA' EMISSIVA	ATTIVITA' SORGENTI DI EMISSIONE			Anno 1		Anno 2	
				PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]	PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]
FAL RS002 (Tratto // A13)	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	0,00E+00	0,00E+00	5,43E-01	1,74E-01
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	0,00E+00	0,00E+00	9,22E-02	5,53E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	0,00E+00	0,00E+00	6,50E-01	3,90E-01
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	0,00E+00	0,00E+00	4,39E-01	1,41E-01
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	0,00E+00	0,00E+00	2,51E-02	1,75E-02
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	0,00E+00	0,00E+00	1,08E-01	8,10E-02
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	0,00E+00	0,00E+00	5,15E-02	2,51E-02
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-02	6,28E-03
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-01	1,18E-01
Area RS002 (Immissione via Aposazza)	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	9,17E-02	2,93E-02	1,10E-01	3,52E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	8,38E-02	5,03E-02	1,01E-01	6,03E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	1,10E-01	6,58E-02	1,32E-01	7,89E-02
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	7,41E-02	2,37E-02	8,89E-02	2,85E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	2,28E-02	2,95E-03	2,74E-02	3,54E-03
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	1,82E-02	1,37E-02	2,19E-02	1,64E-02
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	8,69E-03	4,24E-03	1,04E-02	5,09E-03
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	2,17E-03	1,06E-03	2,61E-03	1,27E-03
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	1,43E-01	1,08E-01	1,72E-01	1,29E-01

UNITA' EMISSIVA	ATTIVITA' SORGENTI DI EMISSIONE			Anno 1		Anno 2	
				PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]	PTS [t/anno]	PM ₁₀ [t/anno]
Area RS005	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	1,01E-01	3,22E-02	6,03E-02	1,93E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	8,38E-02	5,03E-02	5,03E-02	3,02E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	1,20E-01	7,21E-02	7,21E-02	4,33E-02
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	8,13E-02	2,60E-02	4,88E-02	1,56E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	2,28E-02	3,24E-03	1,37E-02	1,94E-03
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	2,00E-02	1,50E-02	1,20E-02	9,00E-03
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	9,53E-03	4,65E-03	5,72E-03	2,79E-03
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	2,38E-03	1,16E-03	1,43E-03	6,98E-04
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	1,43E-01	1,08E-01	8,60E-02	6,45E-02
Area RS006	STERRO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	6,93E-02	2,22E-02	8,31E-02	2,66E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 13.2.3 Scotico (Scrapers removing topsoil)	8,38E-02	5,03E-02	1,01E-01	6,03E-02
			AP-42 Par. 11.9-4 Caricamento materiale su autocarri (Truck loading by power shovel (batch drop))	8,28E-02	4,97E-02	9,94E-02	5,97E-02
	RILEVATO	Transito mezzi interno	AP-42 Par. 13.2.2 Unpaved roads	5,60E-02	1,79E-02	6,72E-02	2,15E-02
		Movimentazione materiale	AP-42 Par. 11.9-4 Scaricamento materiale da autocarri (Bottom dump truck unloading (batch drop))	2,28E-02	2,23E-03	2,74E-02	2,68E-03
			AP-42 Par. 11.9-2 Escavatori, pale (Bulldozing overburden)	1,38E-02	1,03E-02	1,65E-02	1,24E-02
		Finitura rilevato	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	6,57E-03	3,20E-03	7,88E-03	3,85E-03
	FINITURA	Finitura	AP-42 Par. 11.9-2 Compattatori (Grading)	1,64E-03	8,01E-04	1,97E-03	9,61E-04
	MACCHINARI		SCAB fleet average emission factors	1,43E-01	1,08E-01	1,72E-01	1,29E-01

Tabella 3-16. Emissioni complessive delle lavorazioni di cantiere

	CO	NOX	SOX	PM ₁₀	PTS	CO ₂	CH ₄
Emissione Anno 1 [t/anno, CO ₂ in kt/anno]	14,74	14,99	0,04	1,85	3,57	4,01	0,22
Emissione Anno 2 [t/anno, CO ₂ in kt/anno]	20,01	20,21	0,06	2,91	5,71	5,40	0,30

Modello di calcolo

Per la simulazione della dispersione degli inquinanti nella fase di cantiere è stato utilizzato il modello CAL-PUFF, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resources Board (CARB) e del U.S. Environmental Protection Agency (US EPA): si tratta di un modello di dispersione non stazionario, che veicola i "puff" gaussiani di materiale emesso dalle sorgenti attraverso un approccio lagrangiano.

CALPUFF è specifico per gli inquinanti inerti o debolmente reattivi, e può funzionare sia in modalità short-term, per studi d'impatto ambientale relativi ad uno specifico caso-studio, che in modalità long-term, nel caso si renda necessario stimare valori di concentrazione medi su periodi temporali rappresentativi (ad es. un anno). E' adatto alla simulazione della dispersione di emissioni da sorgenti industriali, anche multiple. E' in grado di calcolare la deposizione secca e umida, gli effetti di scia dovuti agli edifici, la dispersione da sorgenti puntiformi, areali o volumetriche, l'innalzamento graduale del pennacchio in funzione della distanza dalla sorgente, l'influenza dell'orografia del suolo sulla dispersione, la dispersione in casi di venti deboli o assenti.

I coefficienti di dispersione sono calcolati dai parametri di turbolenza, anziché dalle classi di stabilità di Pasquill-Gifford-Turner. Vale a dire che la turbolenza è descritta da funzioni continue anziché discrete. Durante i periodi in cui lo strato limite ha struttura convettiva, la distribuzione delle concentrazioni all'interno di ogni singolo puff è gaussiana sui piani orizzontali, ma asimmetrica sui piani verticali, cioè tiene conto della asimmetria della funzione di distribuzione di probabilità delle velocità verticali. Il modello simula gli effetti sulla dispersione dovuti ai moti ascendenti e discendenti tipici delle ore più calde della giornata e dovuti a vortici di grande scala.

CALPUFF appartiene alla tipologia di modelli descritti al paragrafo 3.1.2 delle linee guida RTA CTN_ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria" Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale – Aria Clima Emissioni, 2001.

Il modello di dispersione CALPUFF, è classificato nella tipologia 2 della scheda 9 della norma UNI 1079:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi – Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici", ma ha alcune caratteristiche avanzate tali da classificarlo nella tipologia 3 della medesima scheda.

Dati meteo

Per poter effettuare le simulazioni di dispersione occorre ricostruire, nel modo più dettagliato possibile, i campi tridimensionali delle principali grandezze meteorologiche del sito. Per fare ciò sono stati utilizzati i dati meteo generati dal modello prognostico WRF v3.7 con risoluzione orizzontale di 9 km x 9 km. I dati fanno riferimento all'anno 2020.

A partire dall'output del modello prognostico (file 3D.DAT) è stato creato il file meteo in formato CALMET per CALPUFF, utilizzando i dati relativi all'orografia e uso del suolo con risoluzione di 250 m.

Dominio di calcolo e ipotesi modellistiche

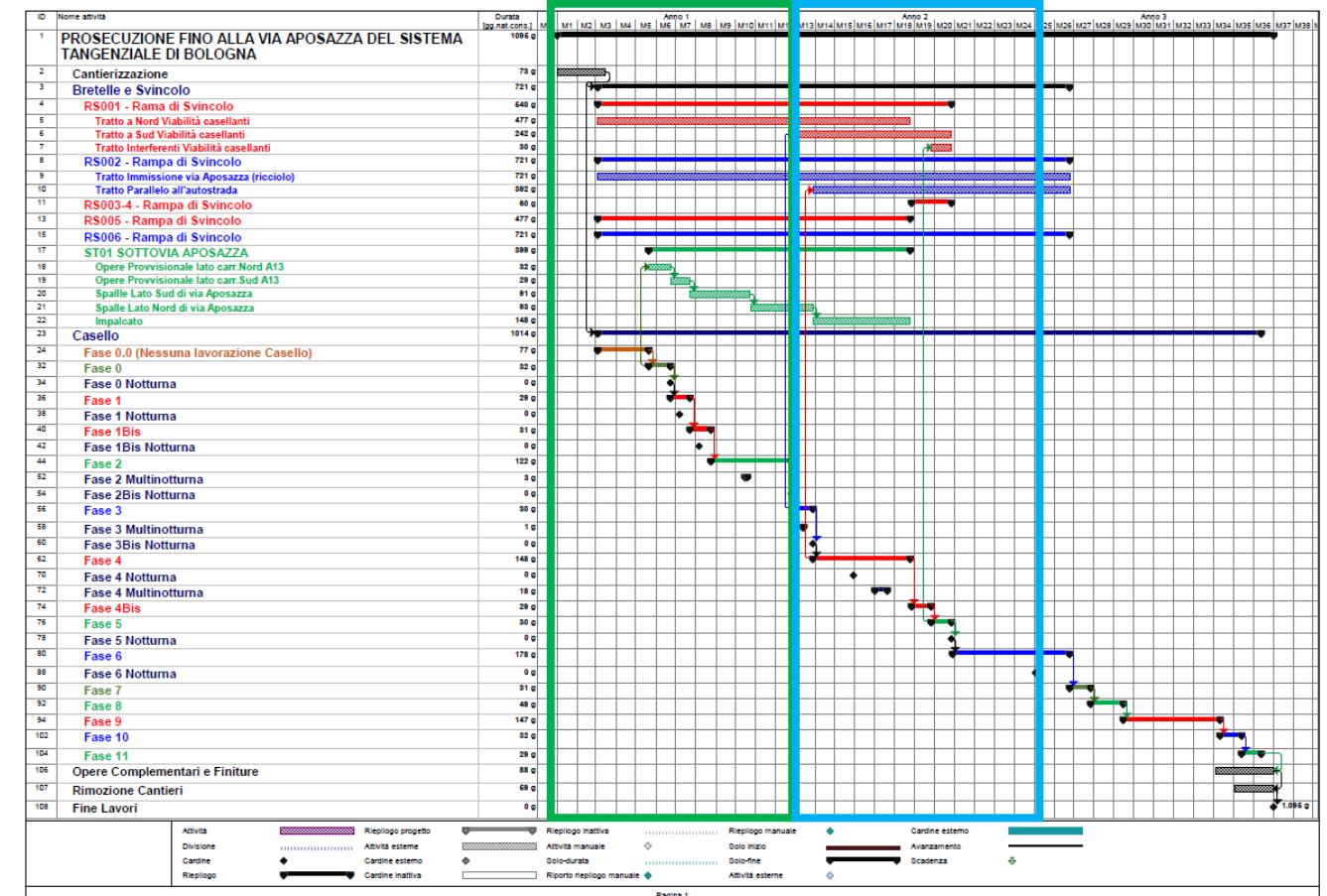
Il dominio di calcolo utilizzato è centrato sull'area oggetto di studio (coordinate geografiche del punto centrale del dominio: [687620 m E; 4933722 m N] WGS84 UTM32N) e ha una dimensione di 3,0 x 3,0 km², che permette di coprire l'intero ambito territoriale di riferimento.

Per il calcolo sono state utilizzate due griglie di ricettori innestate. La griglia più interna, i cui ricettori sono posti ad una distanza di circa 100 m l'uno dall'altro e altezza dal suolo 1,5 m, è incentrata sull'area di intervento e si estende per circa 4,8 km². Il resto del dominio è coperto da una griglia con ricettori posti ad una distanza di 500 m l'uno dall'altro e altezza dal suolo 1,5 m.

Come si evince dal diagramma dei lavori (cfr. Tabella 3-17), le lavorazioni avranno una durata di 36 mesi e la maggior parte saranno concentrate nei primi 24 mesi. Pertanto, vista la distribuzione spaziale e temporale delle diverse attività, nel caso specifico è stato ritenuto opportuno effettuare due simulazioni, ciascuna corrispondente ad un anno di lavorazioni, come identificate di seguito:

- Simulazione Anno 1 – Attività comprese tra il mese 1 e il mese 12;
- Simulazione Anno 2 – Attività comprese tra il mese 13 e il mese 24.

Tabella 3-17. Diagramma dei lavori (in verde l'Anno 1 di simulazione, in azzurro l'Anno 2 di simulazione)



Per la modellazione delle sorgenti, sono state fatte le seguenti ipotesi:

- sono state modellizzate con delle sorgenti del tipo "Area-Polygonal source", caratterizzate da una "Effective height" di 0,5 m e una "Initial sigma Z" di 1,5 m: le Aree di cantiere, le Aree di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di cantiere, le Aree di deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi, l'area del cantiere operativo e le aree di intervento del corpo stradale;
- sono state modellizzate con delle sorgenti del tipo "Line-Area source", caratterizzate da un'"Area source width" di 12 m, una "Initial sigma Z" di 1,5 m e una "Release height" di 0,5 m: le aree del FAL.

Si riportano, inoltre, i parametri di controllo utilizzati per la stima della deposizione secca e umida, relativi alla specie PTS:

- Deposizione secca (Particelle)
 - Geometric Mass Mean Diameter = 20 [microns];
 - Geometric Standard Deviation = 2 [microns];
- Deposizione umida
 - Scavenging coefficient - Liquid precipitation = 0.0004 [1/s];
 - Scavenging coefficient - Frozen precipitation = 3E-5 [1/s].

In Tabella 3-18 si riportano i ratei emissivi (in g/s) di ciascuna sorgente considerata nelle simulazioni che fanno riferimento alle ore lavorate. Nella modellazione è stata considerata una modulazione temporale che tiene conto di 10 ore di lavorazione al giorno.

Tabella 3-18. Ratei emissivi delle sorgenti (g/s)

UNITÀ EMISSIVA		EMISSIONE [g/s]	
		PTS	PM ₁₀
Aree di cantiere	CB01 (13.150 mq)	0,051	0,026
	ADS01 (3.150 mq)	0,012	0,006
	ADS02 (2.800 mq)	0,011	0,005
Aree di deposito materiale di scotico da scavo aree cantiere	Area di ADS01 (700 mq)	0,002	0,001
	Area di ADS02 (800 mq)	0,002	0,001
	Area di CB01 (3.450 mq)	0,008	0,004
Aree di deposito materiale proveniente dagli scavi	Area di ADS01 (2.450 mq)	0,005	0,003
	Area di ADS02 (2.000 mq)	0,004	0,003
Cantiere Operativo CB01 (5.300 mq)		0,011	0,008
FAL RS001 Nord (675 mq)		0,220	0,107
FAL RS001 Sud (390 mq)		0,141	0,071
FAL RS002 - Tratto // A13 (785 mq)		0,250	0,121
Area RS002 - Tratta immissione via Aposazza (3.495 mq)		0,073	0,039
Area RS005 (2.556 mq)		0,077	0,041
Area RS006 (2.642 mq)		0,064	0,035

Stima degli impatti

I risultati delle simulazioni sono presentati in termini di media annua e media giornaliera di PM₁₀ e deposizione al suolo di PTS.

I valori di concentrazione e deposizione stimati sono confrontati con i livelli attuali degli stessi parametri e con i limiti di qualità dell'aria in modo da avere un'idea della significatività degli stessi rispetto alla situazione attuale e quantificare il loro contributo rispetto ai limiti di legge. I limiti considerati sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 3-19. Valori limiti di concentrazione per il PM₁₀ (D. Lgs. 155/2010)

Inquinante	Limite qualità dell'aria
PM ₁₀	Valore limite annuale per la protezione della salute umana - 40 ug/m ³ di PM ₁₀
	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana – 50 ug/m ³ di PM ₁₀ da non superare più di 35 volte per anno civile

Tabella 3-20. Classi di polverosità definite dal Ministero dell'Ambiente per la valutazione delle deposizioni

Deposizione [mg/m ² /giorno]	Classe di polverosità	Indice di polverosità
> 600	V	Elevata
500-600	IV	Medio alta
250-500	III	Media
100-250	II	Bassa
< 100	I	Assente

Si evidenzia che i ricettori sensibili più prossimi all'area di intervento sono le scuole e la casa di cura identificate nella figura seguente (rispettivamente in giallo e in azzurro).



Figura 3-14. Ricettori sensibili in prossimità dell'area di intervento (ricettori in giallo e azzurro, tratta di intervento in rosso)

Di seguito si riporta l'analisi dei risultati delle simulazioni, a seguire le tavole con le mappe di concentrazione (come spiegato in seguito, dati i valori di polverosità delle PTS completamente trascurabili, le mappe di deposizione media annua non sono state rappresentate).

PM10

In generale, dal confronto tra le due simulazioni si osserva che nell'Anno 1 i maggiori incrementi di concentrazione di PM₁₀ (sia media annua che media giornaliera) si verificano principalmente nell'area nord del sito di intervento, mentre nell'Anno 2 nell'area sud, proprio in ragione della distribuzione spaziale e temporale delle attività.

In entrambe le simulazioni i massimi incrementi di concentrazione media annua di PM₁₀ stimati sul dominio si verificano in prossimità del sito di intervento. In particolare, nella Simulazione Anno 1 i massimi incrementi si hanno in prossimità del Cantiere Operativo CB01, dell'area RS005 e del FAL RS001 Nord, mentre nella Simulazione Anno 2 si hanno in prossimità del FAL RS001 Sud e del FAL RS002. Tali incrementi non superano mai 8,4 µg/m³, che rappresenta il 21% del limite di legge (40 µg/m³). Le concentrazioni diminuiscono rapidamente allontanandosi.

Le abitazioni più esposte sono quelle molto prossime alle aree di intervento e di cantiere (abitazioni lungo via Andrea da Formigine, via Rimini, via della Croce Coperta e via Ferrarese), in cui si stimano incrementi tra 2 e 7,5 µg/m³; presso le altre abitazioni gli incrementi stimati sono invece sempre inferiori a 2 µg/m³ (5% del

limite di legge). Ad una distanza di circa 800 m dal sito le concentrazioni sono sempre inferiori a 0,4 µg/m³ (1% del limite di legge).

In Tabella 3-21 si riportano gli incrementi di concentrazione stimati presso i ricettori sensibili; i valori riportati fanno riferimento al caso peggiore tra Anno 1 e Anno 2.

Tabella 3-21. Valori attesi presso i ricettori sensibili – PM₁₀ media annua

NOME RICETTORE	INCREMENTO DI CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA DI PM ₁₀ [µg/m ³]
Scuola d'Infanzia Dozza	~ 1,8
Istituto Professionale Edile	~ 1,2
I.I.S.S. John Maynard Keynes	~ 0,8
Nido La casina di Willy	~ 0,5
Scuole dell'Infanzia Comunali Lanzarini Bruno	~ 0,4
il Nido dell'infanzia Comunale Nuovo Croce Coperta	~ 0,4
Altri ricettori sensibili in prossimità dell'area di intervento	< 0,4

Anche i massimi incrementi di concentrazione media giornaliera di PM₁₀ stimati sul dominio si verificano in prossimità del sito di intervento. In particolare, nella Simulazione Anno 1 i massimi incrementi si hanno in prossimità del Cantiere Operativo CB01, dell'area RS005 e del FAL RS001 Nord, mentre nella Simulazione Anno 2 si hanno in prossimità del FAL RS001 Sud e del FAL RS002. Tali incrementi non superano mai i 24 µg/m³, che rappresenta il 48% del limite di legge (50 µg/m³). Le concentrazioni diminuiscono rapidamente allontanandosi.

Le abitazioni più esposte sono quelle molto prossime alle aree di intervento e di cantiere (abitazioni lungo via Andrea da Formigine, via Rimini, via della Croce Coperta, via Ferrarese e via Stendhal), in cui si stimano incrementi indicativamente tra 5 e 19 µg/m³; presso le altre abitazioni gli incrementi stimati sono invece generalmente inferiori a 5 µg/m³ (10% del limite di legge).

Presso i ricettori sensibili prossimi all'area di intervento si stimano incrementi sempre inferiori a 5 µg/m³ (10% del limite di legge).

In relazione alla significatività degli effetti, si può fare riferimento a quanto previsto nelle Linee Guida APAT "GLI EFFETTI SULL'AMBIENTE DOVUTI ALL'ESERCIZIO DI UN'ATTIVITÀ INDUSTRIALE: IDENTIFICAZIONE, QUANTIFICAZIONE ED ANALISI NELL'AMBITO DEI PROCEDIMENTI DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE", secondo le quali, in relazione al comparto emissioni in atmosfera, si possono considerare non significativi:

- gli effetti di lungo termine se inferiori all'1% del requisito di qualità ambientale long term;
- gli effetti di breve termine se inferiori al 10% del requisito di qualità ambientale short term.

Pertanto, si possono fare le seguenti considerazioni:

- sia in termini di media annua che di media giornaliera di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza delle abitazioni più prossime alle aree di intervento risultano sopra la soglia di significatività. Si evidenzia, comunque, il carattere di temporaneità degli effetti sopra descritti e l'approccio di analisi che può essere ritenuto cautelativo;
- in termini di media annua di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza dei ricettori sensibili più vicini alle aree di intervento risultano sopra la soglia di significatività. Anche in questo caso si evidenzia il carattere di temporaneità degli effetti sopra descritti e l'approccio di analisi che può essere ritenuto cautelativo. Presso gli altri ricettori gli impatti sono invece sempre trascurabili e non significativi;
- in termini di media giornaliera di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza dei ricettori sensibili presenti in prossimità dell'area di intervento sono sempre trascurabili e non significativi.

Infine, nella tabella seguente si riporta un confronto tra i valori massimi stimati sul dominio e i valori di fondo preesistenti.

Dal confronto con i livelli attuali di inquinamento, dedotti dal "Report dati 2020. Rete Regionale di monitoraggio e valutazione della Qualità dell'aria. Provincia di Bologna" redatto da ARPA Emilia-Romagna, non si rilevano potenziali criticità per quanto riguarda la media annua di PM₁₀; c'è invece la possibilità che possano verificarsi, in determinate condizioni, alcuni superamenti del limite sulla media giornaliera di PM₁₀, poiché il numero di superamenti risulta, per alcune stazioni, già allo stato di fatto superiore al limite di legge.

Tabella 3-22. Confronto tra i valori massimi stimati sul dominio e i valori di fondo preesistenti

Inquinante	PM10	
	Media annua	Media giornaliera
Valore massimo di concentrazione stimato sul dominio	8,35 µg/m ³	23,5 µg/m ³
Valori di fondo preesistenti (rif. Dati rilevati dalle stazioni di fondo della rete di monitoraggio di ARPA Emilia-Romagna – Anno 2020)	Tra 22 µg/m ³ (della stazione di fondo suburbano di BO - Via Chiarini) e 26 µg/m ³ della stazione di traffico urbano di BO – Porta San Felice)	Tra 22 (della stazione di fondo suburbano di BO - Via Chiarini) e 42 (della stazione di traffico urbano di BO – Porta San Felice) superamenti della soglia di 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte all'anno

Al fine di minimizzare qualunque potenziale criticità, verranno messi in pratica tutti quegli accorgimenti di buona pratica cantieristica, quali:

- evitare di tenere i mezzi inutilmente accesi;
- tenere i mezzi in buone condizioni di manutenzione;
- bagnatura delle gomme degli automezzi;
- umidificazione delle piste nelle aree di cantiere;
- umidificazione dei cumuli di materiale depositato;
- controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi.

Deposizione di polveri totali

L'inquinante Polveri Totali Sospese (PTS) è stato simulato al fine di valutare la deposizione al suolo (secca + umida) delle polveri generate dalle attività di cantiere.

Si evidenzia che nell'analisi non sono riportate considerazioni in merito alle concentrazioni di PTS attese sul dominio. Difatti, le analisi sono incentrate solo sul PM₁₀, sia in relazione alla maggiore pericolosità intrinseca per la salute umana, che per la possibilità di confrontare i risultati delle simulazioni con i limiti normativi vigenti.

In entrambe le simulazioni le massime deposizioni medie annue stimate sul dominio si verificano in prossimità dell'area di intervento. In particolare, nella Simulazione Anno 1 si hanno in prossimità del Cantiere Operativo CB01, dell'area RS005 e del FAL RS001 Nord, mentre nella Simulazione Anno 2 si hanno in prossimità del FAL RS002 e FAL RS001 Sud. Tali deposizioni risultano estremamente basse, con valori inferiori a 1,5 mg/m²/giorno. Confrontando tali valori con le classi di polverosità definite dal Ministero dell'Ambiente, emerge che l'area risulta caratterizzata da una polverosità media annua "assente". Dati i valori completamente trascurabili, le mappe di deposizione media annua non sono state rappresentate.

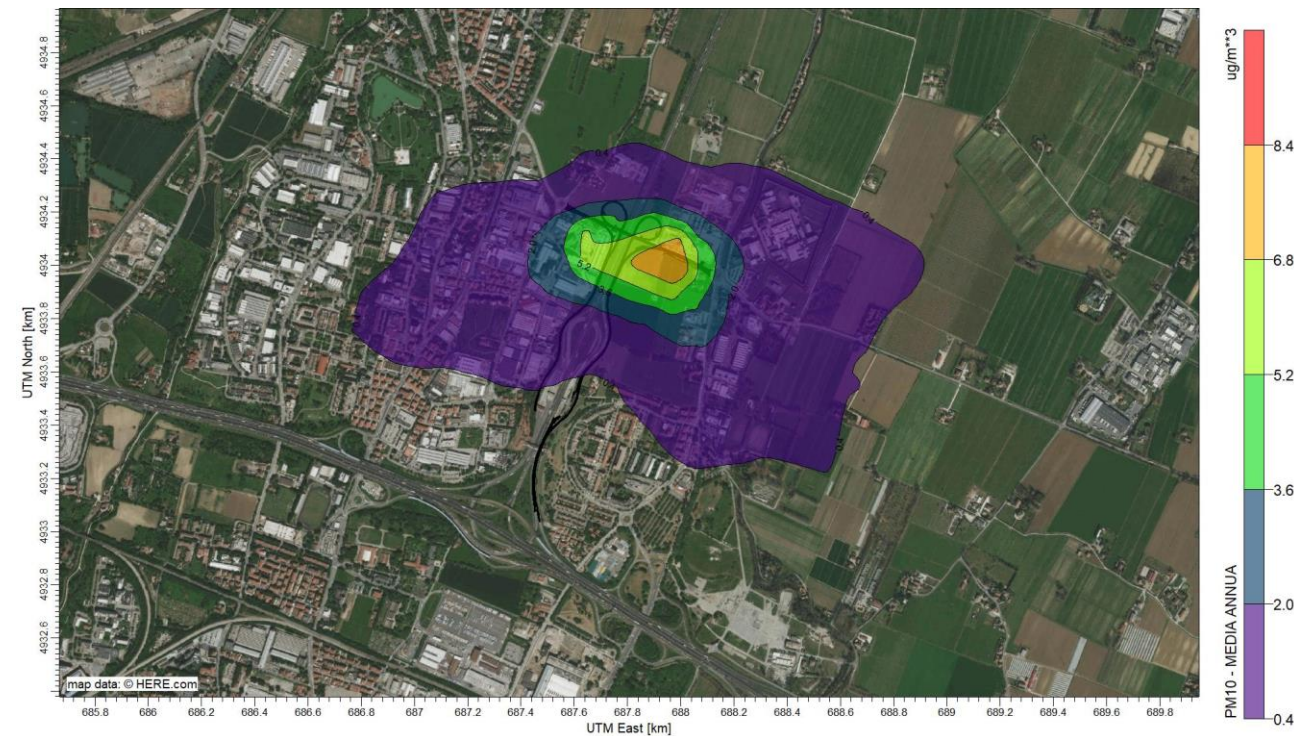


Figura 3-15. Simulazione Anno 1 – PM₁₀ media annua

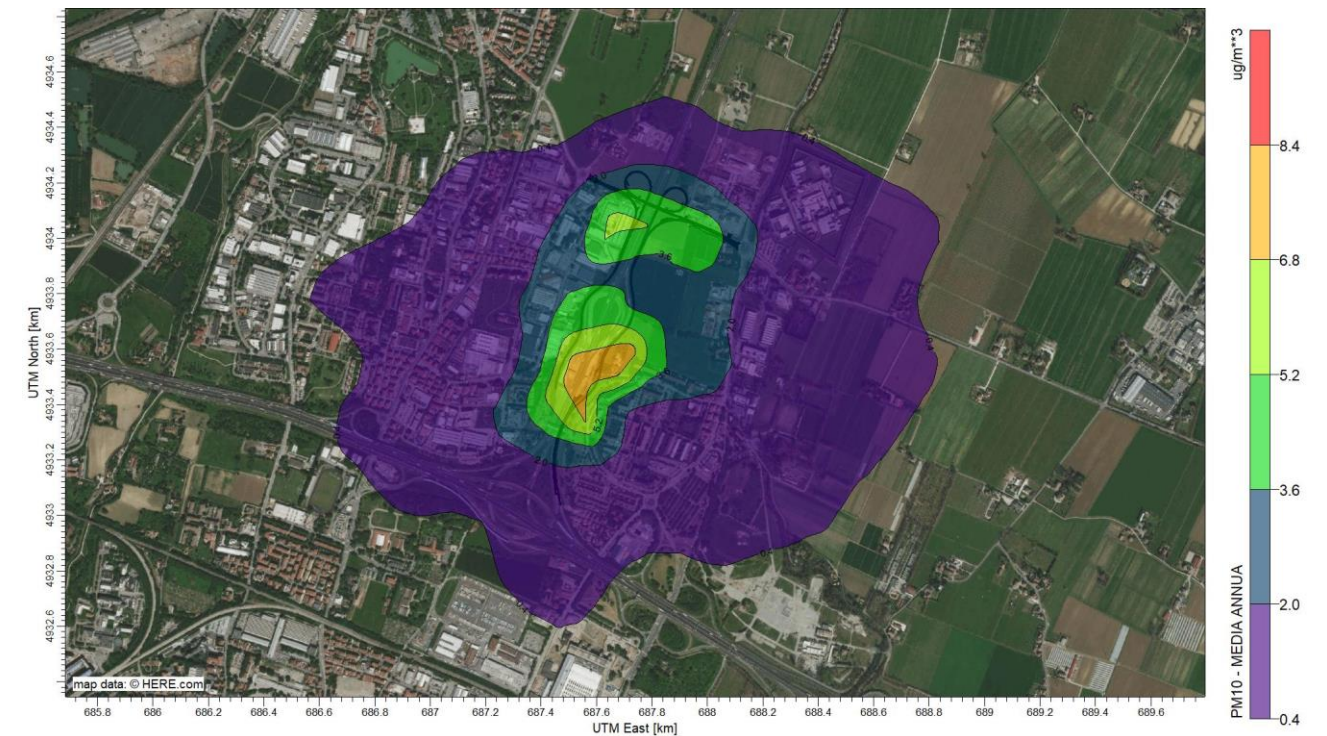


Figura 3-17. Simulazione Anno 2 – PM₁₀ media annua

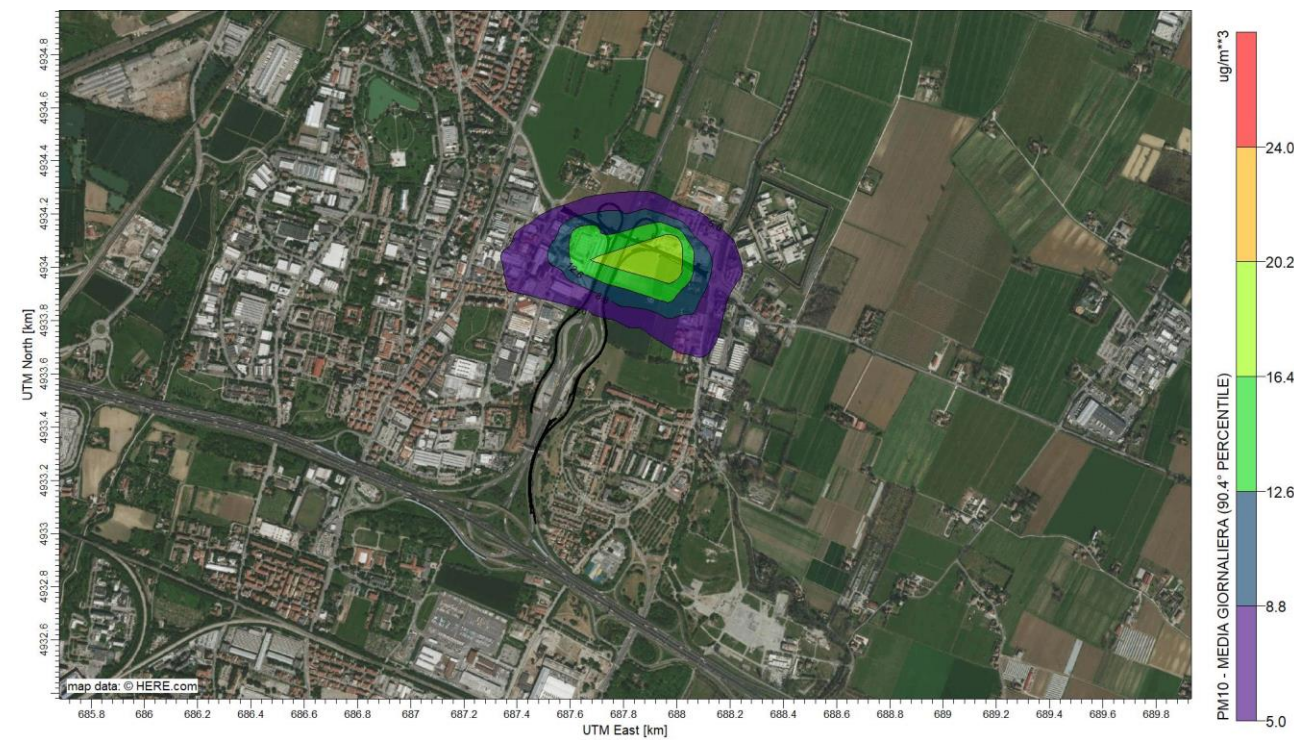


Figura 3-16. Simulazione Anno 1 – PM₁₀ media giornaliera

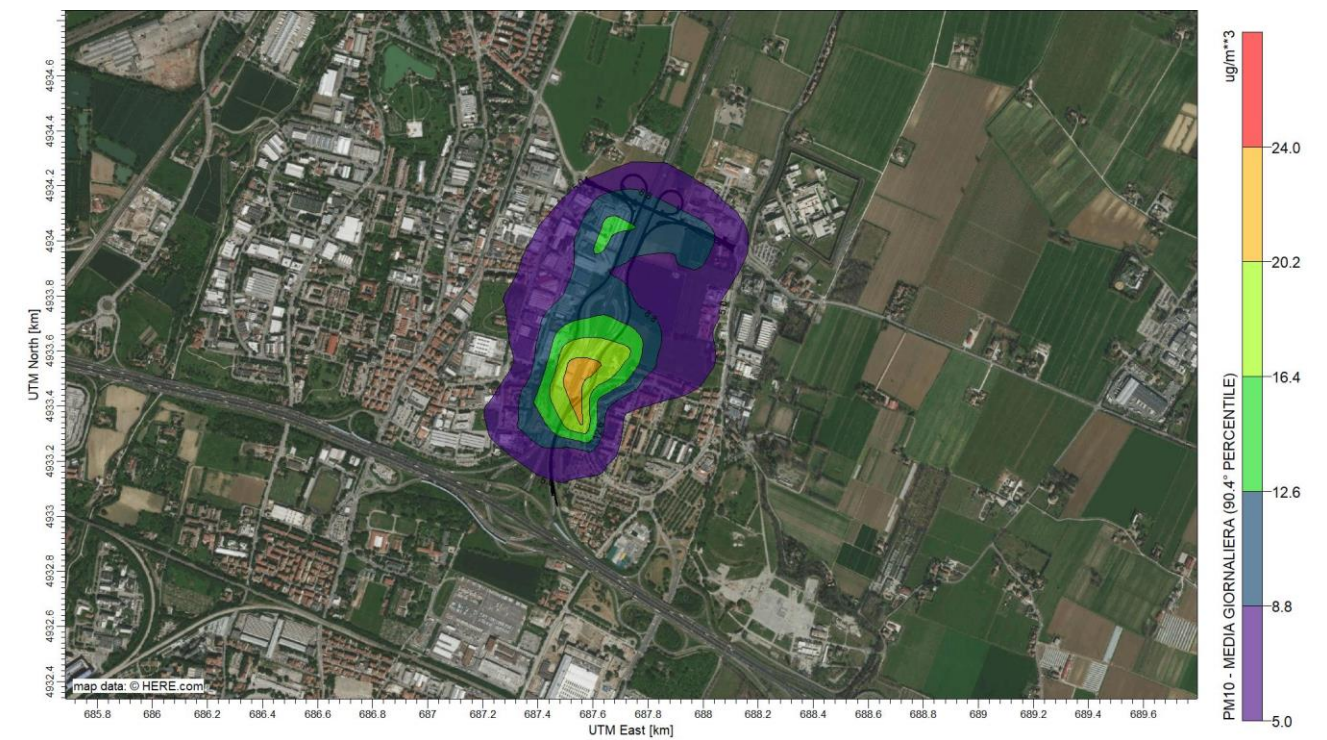


Figura 3-18. Simulazione Anno 2 – PM₁₀ media giornaliera

3.5.5.2 Fase di esercizio

Bilancio emissivo

La rete di viabilità principale che interessa l'area vasta è stata utilizzata per alimentare un modello di traffico che riflette la situazione in due diversi scenari progettuali. Il grafo ha associate delle informazioni che descrivono l'attività di trasporto stradale in due distinte situazioni future (2030), rispettivamente in assenza (Scenario Programmatico - SPR) e in presenza dell'intervento (Scenario Progettuale SPJ).

Per la stima delle emissioni i dati di traffico effettivamente utilizzati sono i seguenti:

- Flussi nell'ora di punta distinti in auto – leggeri – pesanti (classi 3+4+5);
- Velocità media di deflusso per l'ora di punta;
- Tipologia di strada, da cui è stata dedotta la situazione di traffico specifica sulla base dei limiti di velocità e del flusso complessivo circolante.

Per ricostruire il parco circolante 2030 sugli assi oggetto di studio ci si è basati sul più recente parco veicolare nazionale dei veicoli immatricolati, pubblicato da ACI (2020), e sulle percorrenze medie annuali per categoria Euro pubblicata da ISPRA (2019). In sintesi, la proiezione al 2030 è basata sui tassi reali di estinzione annuale dei veicoli in base alla loro età e delle nuove immatricolazioni (tabella seguente). Si noti che questa procedura è applicata, anno per anno e categoria per categoria, solo sulla distribuzione percentuale dei veicoli circolanti e non sui flussi di traffico, che non cambiano rispetto a quanto calcolato dal modello di traffico; inoltre, in linea generale, se il tasso di nuove immatricolazioni è inferiore/superiore a quello delle dismissioni il rinnovo per quella categoria è più lento/veloce. La proiezione è basata sul passato e dunque non considera (o considera solo in parte) futuri (o appena approvati) meccanismi di incentivazione/disincentivazione introdotti per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra, né possibili futuri limiti alle emissioni (attualmente fermi allo standard Euro 6 d). In questo senso lo scenario prospettato per il 2030 è da considerarsi peggiorativo.

Da ultimo, si osservi che il periodo di riferimento il tasso medio di nuove immatricolazioni è maggiore rispetto alle estinzioni per smussare la maggiore variabilità interannuale.

Tabella 3-23. Medie tassi annuali di estinzione e nuove immatricolazioni applicati per la proiezione della distribuzione percentuale dei veicoli circolanti all'anno

Categoria	Tasso medio di estinzione 2016-2020	Tasso medio nuove immatricolazioni 2010-2020
Autovetture benzina	6.1%	2.6%
Autovetture ibride	11.0%	27.6%
Autovetture diesel	6.4%	3.3%
Veicoli commerciali leggeri	8.2%	3.7%
Veicoli commerciali pesanti	5.9%	3.1%
Autobus	1.9%	1.9%
Categoria L (2, 3, 4 ruote)	6.1%	0.7%

Nella tabella che segue l'analitico delle distribuzioni percentuali di veicoli circolanti ottenute. Segue figura con esempi di visualizzazione sintetica dei contributi. In circa 10 anni si prevede, in assenza di ulteriori misure incentivanti il veicolo elettrico, che quasi la metà delle autovetture (per esempio) sia alimentata a benzina e sia conforme agli standard emissivi più recenti Euro 6 d. Tuttavia, permangono quote non trascurabili di autovetture diesel e rispondenti a standard emissivi meno restrittivi.

Tabella 3-24. Distribuzioni percentuali dei veicoli circolanti nelle categorie Euro i cui fattori di emissione sono stati utilizzati per l'analisi. Proiezione al 2030

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Passenger_Cars_Petrol_Mini_Euro_4	0.21	0.22	0.17

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Passenger_Cars_Petrol_Mini_Euro_5	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Mini_Euro_6_a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Mini_Euro_6_d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Mini_Euro_6_d	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_PRE_ECE	0.07	0.06	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_ECE_15/00-01	0.09	0.07	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_ECE_15/02	0.08	0.07	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_ECE_15/03	0.11	0.09	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_ECE_15/04	0.55	0.45	0.03
Passenger_Cars_Petrol_Small_Improved_Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_Open_Loop	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_1	0.33	0.25	0.06
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_2	2.22	1.54	0.68
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_3	2.53	2.10	1.31
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_4	6.29	6.52	5.26
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_5	3.96	4.11	3.31
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_6_a/b/c	2.09	2.17	1.75
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_6_d-temp	3.84	3.98	3.21
Passenger_Cars_Petrol_Small_Euro_6_d	17.26	17.92	14.44
Passenger_Cars_Petrol_Medium_PRE_ECE	0.01	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_ECE_15/00-01	0.01	0.01	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_ECE_15/02	0.02	0.02	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_ECE_15/03	0.03	0.02	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_ECE_15/04	0.20	0.16	0.01
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Improved_Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Open_Loop	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_1	0.15	0.11	0.03
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_2	0.60	0.42	0.18
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_3	0.48	0.40	0.25
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_4	1.09	1.14	0.91
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_5	0.46	0.44	0.47
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_6_a/b/c	0.17	0.16	0.18
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_6_d-temp	0.48	0.45	0.49
Passenger_Cars_Petrol_Medium_Euro_6_d	2.15	2.04	2.21
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_PRE_ECE	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_ECE_15/00-01	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_ECE_15/02	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_ECE_15/03	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_ECE_15/04	0.03	0.03	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_1	0.01	0.01	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_2	0.04	0.04	0.02
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_3	0.06	0.06	0.04
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_4	0.12	0.18	0.13
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_5	0.04	0.05	0.05
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_6_a/b/c	0.02	0.02	0.02
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_6_d-temp	0.04	0.06	0.06
Passenger_Cars_Petrol_Large-SUV-Executive_Euro_6_d	0.20	0.27	0.27
Passenger_Cars_Petrol_2-Stroke_Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Mini_Euro_4	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Mini_Euro_5	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Mini_Euro_6_a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Mini_Euro_6_d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Mini_Euro_6_d	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Small_Euro_4	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Small_Euro_5	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Small_Euro_6_a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Small_Euro_6_d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Small_Euro_6_d	0.27	0.16	0.15
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Medium_Euro_4	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Medium_Euro_5	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Medium_Euro_6_a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Medium_Euro_6_d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Medium_Euro_6_d	2.40	1.37	1.34
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Large-SUV-Executive_Euro_4	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Large-SUV-Executive_Euro_5	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Large-SUV-Executive_Euro_6_a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Large-SUV-Executive_Euro_6_d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger_Cars_Petrol_Hybrid_Large-SUV-Executive_Euro_6_d	0.45	0.26	0.25
Passenger_Cars_Diesel_Mini_Euro_4	0.00	0.00	0.00

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Passenger Cars Diesel Mini Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Mini Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Mini Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Mini Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Small Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Small Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Small Euro 2	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Small Euro 3	0.06	0.05	0.02
Passenger Cars Diesel Small Euro 4	0.50	0.56	0.32
Passenger Cars Diesel Small Euro 5	0.33	0.34	0.27
Passenger Cars Diesel Small Euro 6 a/b/c	0.41	0.42	0.34
Passenger Cars Diesel Small Euro 6 d-temp	1.07	1.11	0.89
Passenger Cars Diesel Small Euro 6 d	2.17	2.25	1.82
Passenger Cars Diesel Medium Conventional	0.01	0.01	0.00
Passenger Cars Diesel Medium Euro 1	0.01	0.01	0.00
Passenger Cars Diesel Medium Euro 2	0.07	0.06	0.02
Passenger Cars Diesel Medium Euro 3	0.39	0.44	0.25
Passenger Cars Diesel Medium Euro 4	0.88	1.22	1.21
Passenger Cars Diesel Medium Euro 5	0.81	1.03	1.32
Passenger Cars Diesel Medium Euro 6 a/b/c	2.25	2.84	3.64
Passenger Cars Diesel Medium Euro 6 d-temp	7.16	9.06	11.62
Passenger Cars Diesel Medium Euro 6 d	14.54	18.39	23.59
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Conventional	0.01	0.01	0.00
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 2	0.03	0.02	0.01
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 3	0.14	0.13	0.14
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 4	0.16	0.21	0.26
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 5	0.10	0.13	0.17
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 6 a/b/c	0.28	0.36	0.46
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 6 d-temp	0.71	0.90	1.16
Passenger Cars Diesel Large-SUV-Executive Euro 6 d	1.45	1.83	2.35
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Mini Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Mini Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Mini Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Mini Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Mini Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Conventional	0.03	0.03	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 1	0.01	0.01	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 2	0.08	0.05	0.02
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 2	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 3	0.15	0.12	0.08
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 3	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 4	2.07	1.57	1.38
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 5	1.74	1.19	1.43
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 6 a/b/c	0.64	0.44	0.53
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 6 d-temp	0.97	0.67	0.80
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Small Euro 6 d	4.38	3.01	3.60
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Conventional	0.04	0.03	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 1	0.03	0.02	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 2	0.08	0.05	0.02
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 2	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 3	0.08	0.06	0.04
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 3	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 4	0.49	0.37	0.33
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 4	0.00	0.00	0.00

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 5	0.34	0.24	0.28
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 6 a/b/c	0.08	0.06	0.07
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 6 d-temp	0.12	0.08	0.10
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Medium Euro 6 d	0.56	0.38	0.46
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Conventional	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 1	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 2	0.01	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 2	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 3	0.01	0.01	0.01
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 3	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 4	0.04	0.03	0.04
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ LPG Large-SUV-Executive Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars LPG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Mini Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Mini Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Mini Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Mini Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Mini Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Mini Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Small Euro 4	1.16	0.59	0.79
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Small Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Small Euro 5	1.02	0.52	0.70
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Small Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Small Euro 6 a/b/c	0.24	0.12	0.16
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Small Euro 6 d-temp	0.36	0.19	0.25
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Small Euro 6 d	1.63	0.84	1.12
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Small Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Medium Euro 4	0.62	0.32	0.42
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Medium Euro 5	0.06	0.03	0.04
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Medium Euro 6 a/b/c	0.02	0.01	0.01
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Medium Euro 6 d-temp	0.03	0.02	0.02
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Medium Euro 6 d	0.14	0.07	0.10
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Medium Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Large-SUV-Executive Euro 4	0.03	0.01	0.02
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 4	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Large-SUV-Executive Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 5	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Large-SUV-Executive Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 a/b/c	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Large-SUV-Executive Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ CNG Large-SUV-Executive Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
Passenger Cars CNG Bifuel ~ Petrol Large-SUV-Executive Euro 6 d	0.00	0.00	0.00
TOTALE PC	100.00	100.00	100.00
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Conventional	0.09	0.09	0.09
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 1	0.06	0.06	0.06

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 2	0.16	0.16	0.16
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 3	0.28	0.28	0.28
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 4	0.60	0.60	0.60
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 5	0.36	0.36	0.36
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 6 a/b/c	0.06	0.06	0.06
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Light Commercial Vehicles Petrol N1-II Euro 6 d	0.85	0.85	0.85
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Conventional	1.22	1.22	1.22
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 1	0.75	0.75	0.75
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 2	2.02	2.02	2.02
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 3	7.20	7.20	7.20
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 4	20.19	20.19	20.19
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 5	29.90	29.90	29.90
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 6 a/b/c	4.04	4.04	4.04
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 6 d-temp	0.00	0.00	0.00
Light Commercial Vehicles Diesel N1-II Euro 6 d	32.23	32.23	32.23
TOTALE LCV	100.00	100.00	100.00
Heavy Duty Trucks Petrol >3 5 t Conventional	0.01	0.01	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Conventional	0.41	0.47	0.22
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro I	0.12	0.14	0.07
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro II	1.16	1.33	0.62
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro III	3.37	3.87	1.81
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro IV	2.29	2.63	1.23
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro V	2.69	3.09	1.44
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro VI A/B/C	1.40	1.60	0.75
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid <=7 5 t Euro VI D/E	2.09	2.40	1.12
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Conventional	0.18	0.27	0.18
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro I	0.07	0.10	0.06
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro II	0.60	0.91	0.59
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro III	2.10	3.17	2.07
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro IV	0.64	0.96	0.63
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro V	1.77	2.66	1.74
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro VI A/B/C	0.75	1.13	0.74
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 7 5 - 12 t Euro VI D/E	1.12	1.69	1.10
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Conventional	0.04	0.06	0.04
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro I	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro II	0.05	0.07	0.05
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro III	0.22	0.34	0.22
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro IV	0.09	0.14	0.09
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro V	0.27	0.41	0.27
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro VI A/B/C	0.13	0.20	0.13
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 12 - 14 t Euro VI D/E	0.20	0.30	0.20
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Conventional	0.15	0.20	0.16
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro I	0.07	0.09	0.08
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro II	0.46	0.60	0.50
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro III	1.83	2.36	1.96
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro IV	0.59	0.75	0.63
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro V	2.11	2.73	2.27
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro VI A/B/C	1.06	1.37	1.14
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 14 - 20 t Euro VI D/E	1.60	2.06	1.71
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Conventional	0.32	0.41	0.34
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro I	0.10	0.13	0.11
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro II	0.74	0.95	0.79
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro III	2.84	3.66	3.05
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro IV	0.63	0.81	0.67
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro V	3.73	4.82	4.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro VI A/B/C	2.19	2.83	2.35
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 20 - 26 t Euro VI D/E	3.29	4.24	3.52
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro II	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro III	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro IV	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro V	0.00	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro VI A/B/C	0.04	0.07	0.12
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 26 - 28 t Euro VI D/E	0.07	0.11	0.17
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro I	0.02	0.02	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro II	0.23	0.30	0.25

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro III	1.86	2.00	2.16
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro IV	0.20	0.43	0.50
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro V	0.67	1.14	1.78
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro VI A/B/C	0.35	0.61	0.95
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid 28 - 32 t Euro VI D/E	0.53	0.91	1.42
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Conventional	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro II	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro III	0.03	0.03	0.04
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro IV	0.01	0.02	0.03
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro V	0.01	0.02	0.03
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro VI A/B/C	0.01	0.01	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Rigid >32 t Euro VI D/E	0.01	0.02	0.03
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro II	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro III	0.02	0.02	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro IV	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro V	0.01	0.02	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 14 - 20 t Euro VI D/E	0.00	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro II	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro III	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro IV	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro V	0.00	0.00	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 20 - 28 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro II	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro III	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro IV	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro V	0.01	0.02	0.03
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 28 - 34 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro II	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro III	0.03	0.03	0.03
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro IV	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro V	0.01	0.02	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 34 - 40 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Conventional	0.05	0.06	0.06
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro I	0.04	0.04	0.04
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro II	0.43	0.46	0.50
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro III	4.29	4.61	4.98
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro IV	0.48	1.03	1.19
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro V	4.07	7.01	10.92
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro VI A/B/C	3.37	5.80	9.04
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 40 - 50 t Euro VI D/E	5.05	8.69	13.55
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro II	0.01	0.01	0.01
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro III	0.04	0.04	0.04
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro IV	0.01	0.02	0.02
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro V	0.02	0.04	0.06
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro VI A/B/C	0.02	0.03	0.05
Heavy Duty Trucks Diesel Articulated 50 - 60 t Euro VI D/E	0.03	0.05	0.07
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Conventional	0.07	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro I	0.08	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro II	0.60	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro III	1.97	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro IV	1.38	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro V	1.44	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Midi <=15 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Conventional	0.05	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro I	0.04	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro II	0.99	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro III	2.24	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro IV	0.63	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro V	1.67	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Standard 15 - 18 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro I	0.01	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro II	0.19	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro III	1.12	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro IV	0.25	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro V	1.17	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Urban Buses Articulated >18 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Conventional	0.06	0.07	0.07
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro I	0.07	0.08	0.09
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro II	0.91	0.98	1.06
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro III	2.71	2.91	3.15
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro IV	0.66	1.42	1.65
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro V	1.11	1.90	2.96
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Coaches Standard <=18 t Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Conventional	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro I	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro II	0.10	0.11	0.12
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro III	0.68	0.73	0.79
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro IV	0.08	0.18	0.21
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro V	0.41	0.71	1.10
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro VI A/B/C	0.27	0.46	0.72
Buses Diesel Coaches Articulated >18 t Euro VI D/E	0.41	0.69	1.08
Buses Diesel Hybrid ~ Diesel Urban Buses Diesel Hybrid Euro VI A/B/C	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Hybrid ~ Electricity Urban Buses Diesel Hybrid Euro VI A	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Hybrid ~ Diesel Urban Buses Diesel Hybrid Euro VI D/E	0.00	0.00	0.00
Buses Diesel Hybrid ~ Electricity Urban Buses Diesel Hybrid Euro VI D	0.00	0.00	0.00
Buses CNG Urban Buses Euro I	0.01	0.00	0.00
Buses CNG Urban Buses Euro II	0.21	0.00	0.00
Buses CNG Urban Buses Euro III	0.45	0.00	0.00
Buses CNG Urban Buses EEV	12.35	0.00	0.00
TOTALE HCV	100.00	100.00	100.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Conventional	1.97	1.50	0.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Euro 1	1.83	1.39	0.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Euro 2	4.94	3.75	0.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Euro 3	0.06	0.04	0.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Euro 4	0.36	0.27	0.00
L-Category Petrol Mopeds 2-stroke <50 cm³ Euro 5	2.59	1.96	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Conventional	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Euro 1	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Euro 2	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Euro 3	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Euro 4	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Mopeds 4-stroke <50 cm³ Euro 5	0.00	0.00	0.00
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Conventional	1.83	1.89	2.07
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Euro 1	0.43	0.45	0.49
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Euro 2	0.32	0.33	0.37
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Euro 3	0.44	0.46	0.50
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Euro 4	0.08	0.09	0.09
L-Category Petrol Motorcycles 2-stroke >50 cm³ Euro 5	0.60	0.62	0.68
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Conventional	0.24	0.25	0.27
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Euro 1	1.64	1.69	1.86
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Euro 2	2.54	2.62	2.88
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Euro 3	7.70	7.94	8.72
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Euro 4	2.23	2.31	2.53
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke <250 cm³ Euro 5	16.17	16.70	18.33
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Conventional	1.09	1.13	1.24
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Euro 1	1.00	1.03	1.13
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Euro 2	3.02	3.11	3.42
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Euro 3	8.21	8.47	9.30

Categoria COPERT 5	% strade urbane	% strade rurali	% autostrade
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Euro 4	2.65	2.74	3.00
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke 250 - 750 cm³ Euro 5	19.20	19.82	21.76
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Conventional	0.31	0.32	0.35
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Euro 1	0.49	0.50	0.55
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Euro 2	0.78	0.80	0.88
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Euro 3	3.48	3.60	3.95
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Euro 4	1.67	1.73	1.90
L-Category Petrol Motorcycles 4-stroke >750 cm³ Euro 5	12.11	12.50	13.73
TOTALE L-Cat	100.00	100.00	100.00

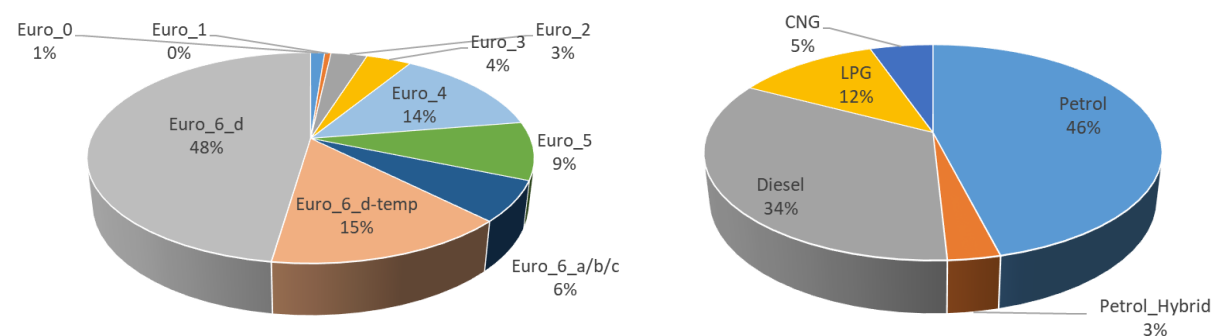


Figura 3-19. Esempi di distribuzione percentuale dei veicoli circolanti previsti per il 2030. Autoveicoli su strade urbane.
Sinistra: per standard emissivo Euro – Destra: per alimentazione

La stima delle emissioni inquinanti da traffico stradale è stata condotta applicando la metodologia ufficiale europea COPERT (versione 5.2.2) che raccoglie e mantiene aggiornato il database dei fattori d'emissione ("Emission Factors" = EF, valori di emissione per unità di percorrenza), relativi ai singoli veicoli appartenenti a categorie codificate.

I fattori di emissione per ogni inquinante sono funzione della velocità media di percorrenza e della situazione di traffico (strada urbana congestionata e non congestionata, extraurbana, autostrada).

I fattori della banca dati COPERT sono basati sulle risultanze delle sperimentazioni condotte nell'ambito del gruppo di lavoro ERMES che raggruppa a livello europeo istituti di ricerca, autorità competenti e associazioni di produttori al fine di sviluppare la ricerca nel settore della modellazione delle emissioni da trasporto stradale. I dati utilizzati sono quindi lo stato dell'arte della conoscenza a livello europeo e derivano da numerosi test di laboratorio e su strada delle varie categorie di mezzi circolanti.

Lo studio pertanto non è affetto dalle incoerenze rilevate sistematicamente tra limiti di emissione - definiti negli standard emissivi e certificati al momento dell'omologazione - ed emissioni reali verificate in test su strada. È infatti noto che, a fronte di standard sempre più stringenti definiti dalle norme "Euro" la differenza tra le emissioni dei veicoli misurate a banco nel corso dell'omologazione e quelle in reali situazioni di traffico è andata via via aumentando.

Tale problematica, che comunque affliggerebbe tutte le valutazioni eseguite, non mettendo in discussione quindi i risultati ottenuti in termini di confronto tra scenari, viene evitata ricorrendo a banche dati che non implementano i fattori di emissioni normativi, ma quelli derivanti da test in laboratorio e su strada basati su cicli di guida reali.

Le stime di emissione qui presentate sono state ottenute utilizzando la metodologia COPERT 5 (più precisamente la versione 5.2.2 pubblicata a febbraio 2019) e non sono dunque confrontabili con gli studi atmosferici pregressi riguardanti il progetto del Nodo Autostradale di Bologna e relative opere di adduzione, basati sulla metodologia COPERT 4 (versione 4.11.3 del giugno 2015). Un diario dettagliato delle versioni COPERT è presente in <https://www.emisia.com/utilities/copert/versions/>.

Un forte impulso all'adozione di nuovi standard è stato ispirato dal 'Diesel gate', cioè dalla falsificazione delle emissioni di vetture munite di motore diesel, possibile anche a causa di una falla normativa, che ha consentito, grazie al software della centralina elettronica, di ridurre le emissioni a scapito di altre prestazioni durante i test di omologazione, migliorando le prestazioni a scapito dei vincoli ambientali durante il normale funzionamento. In particolare, tra la versione 4 e la 5 di COPERT, sono intervenute variazioni assai significative negli standard Euro (Euro 6 è stato splittato, a seconda del grado di sofisticatezza progressiva delle nuove prove di omologazione introdotte, in tre sotto standard: Euro 6 a/b/c, Euro 6 d-temp, Euro 6 d) e nelle metodologie di verifica e misura delle emissioni dei veicoli, che beneficiano ora anche di cicli guida più rispondenti a quelli reali e di dispositivi di misura a bordo del veicolo (PEMS – Portable Emission Monitoring Systems).

Queste differenze non rendono più confrontabili le emissioni dello scenario attuale 2014 che dunque non sono state considerate.

La tabella successiva riporta le emissioni stimate su una sotto-rete stradale nell'intorno dell'intervento oggetto di studio, per gli inquinanti principali (NO_x, PM10 e PM2.5) e il gas serra CO₂, nei diversi scenari considerati: senza intervento (PRG2030) e con interventi di progetto (PRJ2030).

Tabella 3-25. Emissioni veicolari nel dominio di Funo e nei diversi scenari [kg/h punta]

Scenari emissivi		
Programmatico 2030	Progettuale 2030	Differenza %
Emissioni NO _x (kg/odp)		
90.9	88.2	-3%
Emissioni PM10 (kg/odp)		
5.4	5.2	-5%
Emissioni PM2.5 (kg/odp)		
4.1	4.0	-5%
Emissioni CO ₂ (kg/odp)		
19499.3	19121.9	-2%

Tabella 3-26. Emissioni veicolari nel dominio di Funo e nei diversi scenari [kg/h punta]

Il bilancio emissivo mostra che il PRJ2030 comporta, relativamente al contesto di sorgenti stradali assai intense, una significativa riduzione delle emissioni rispetto al PRG2030 (tra il -2 e il -5% a seconda dell'inquinante), in virtù dell'introduzione delle modifiche infrastrutturali in progetto e alla conseguente fluidificazione del traffico prevista. Questo risultato evidenzia precisamente l'efficacia dell'intervento, visto che è svolto a parità di parco circolante.

Nelle figure che seguono si riporta la rappresentazione su geometria semplificata delle emissioni di NO_x ottenute per unità di lunghezza. Il valore calcolato di emissione dipende sia dal flusso di traffico che dalla velocità di percorrenza.

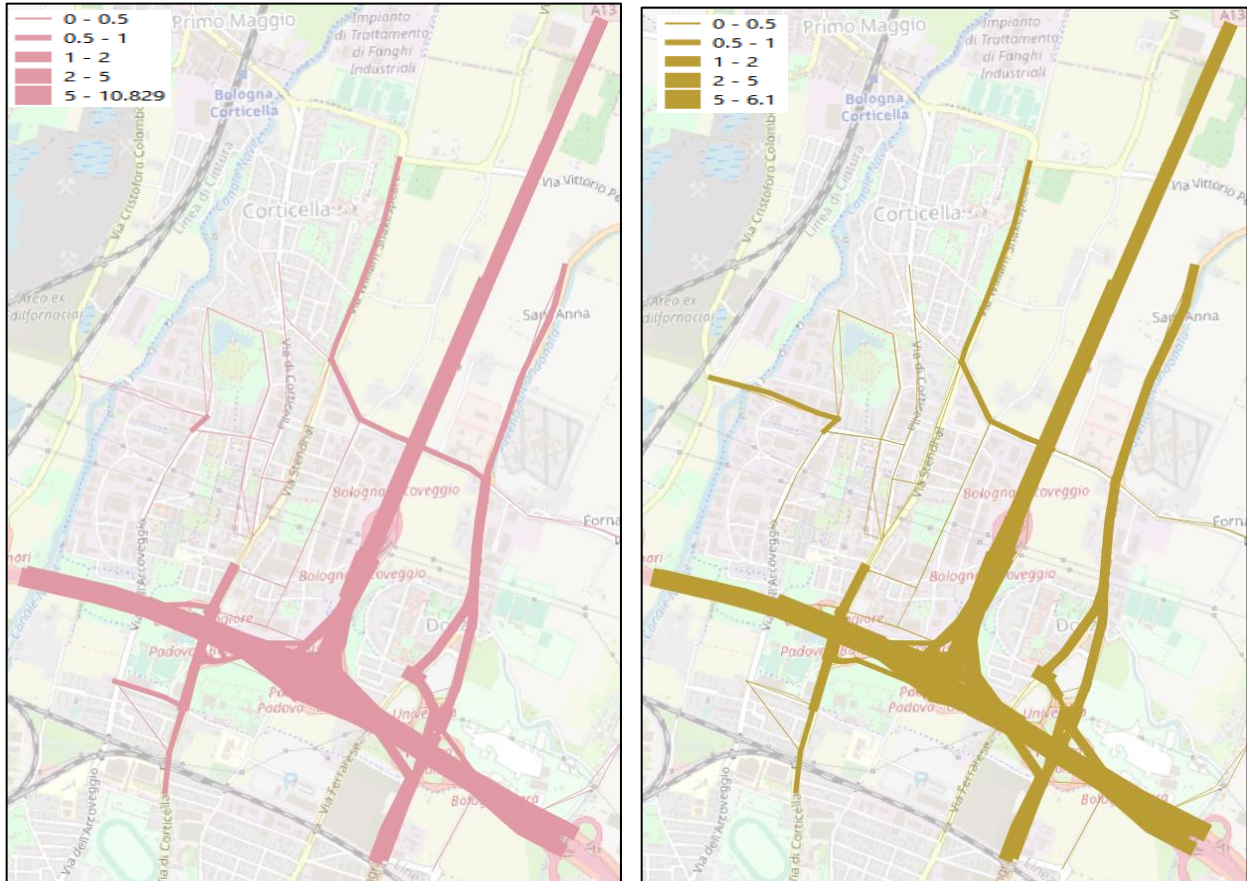


Figura 3-20. Emissioni di NO_x per unità di lunghezza (kg/km) calcolate per l'ora di punta sulla rete stradale esaminata. Sinistra: scenario Programmatico – Destra: sc. Progettuale.

Studio di dispersione degli inquinanti su dominio locale

La metodologia modellistica utilizzata per questa analisi di dettaglio è la stessa, solo con maggiore risoluzione, utilizzata per lo studio di dispersione a scala vasta del Passante di Bologna, riportata nel seguito per completezza.

Per la simulazione della dispersione degli inquinanti atmosferici emessi dalle opere di adduzione analizzate nel dominio di intermedia di pianura è stata utilizzata la suite modellistica Aria/Industry, sviluppata da ARIA-NET srl, che rende possibile l'esecuzione di simulazioni numeriche mediante un modello di dispersione Lagrangiano a particelle

Il sistema è principalmente composto dai seguenti moduli:

- un modello diagnostico per la ricostruzione tridimensionale del campo di vento (Swift);
- un processore per la definizione dei parametri di turbolenza (SurfPro);
- un modello lagrangiano a particelle per la dispersione degli inquinanti (SPRAY).

Da un punto di vista metodologico generale, il funzionamento del sistema modellistico risulta riassunto nel diagramma a blocchi in figura seguente.

Il sistema viene alimentato, per ottenere la simulazione della dispersione su un'opportuna area, da dati meteorologici al suolo ed in quota contenuti nel database nazionale MINNI e relativi all'intero anno 2007 su base oraria, nonché da dati territoriali locali costituiti da un modello digitale di terreno e da una descrizione dell'uso del suolo. Questi dati alimentano la sezione meteorologica del sistema costituita dai codici Swift e SurfPro che ricostruiscono per l'intero anno 2007 su base oraria il flusso medio (velocità e direzione del ven-

to) e la temperatura dell'aria mediante campi tridimensionali nonché la turbolenza atmosferica mediante campi bidimensionali su un opportuno grigliato discreto di punti. Queste informazioni vengono utilizzate dal codice di dispersione Lagrangiano a particelle SPRAY per definire il moto delle particelle virtuali che rappresentano le diverse emissioni considerate, allo scopo di produrre campi di concentrazione su base oraria per l'intero anno di simulazione.

Nei paragrafi seguenti viene data una descrizione maggiormente dettagliata dei dati e delle fasi di elaborazione che coinvolgono il sistema modellistico.

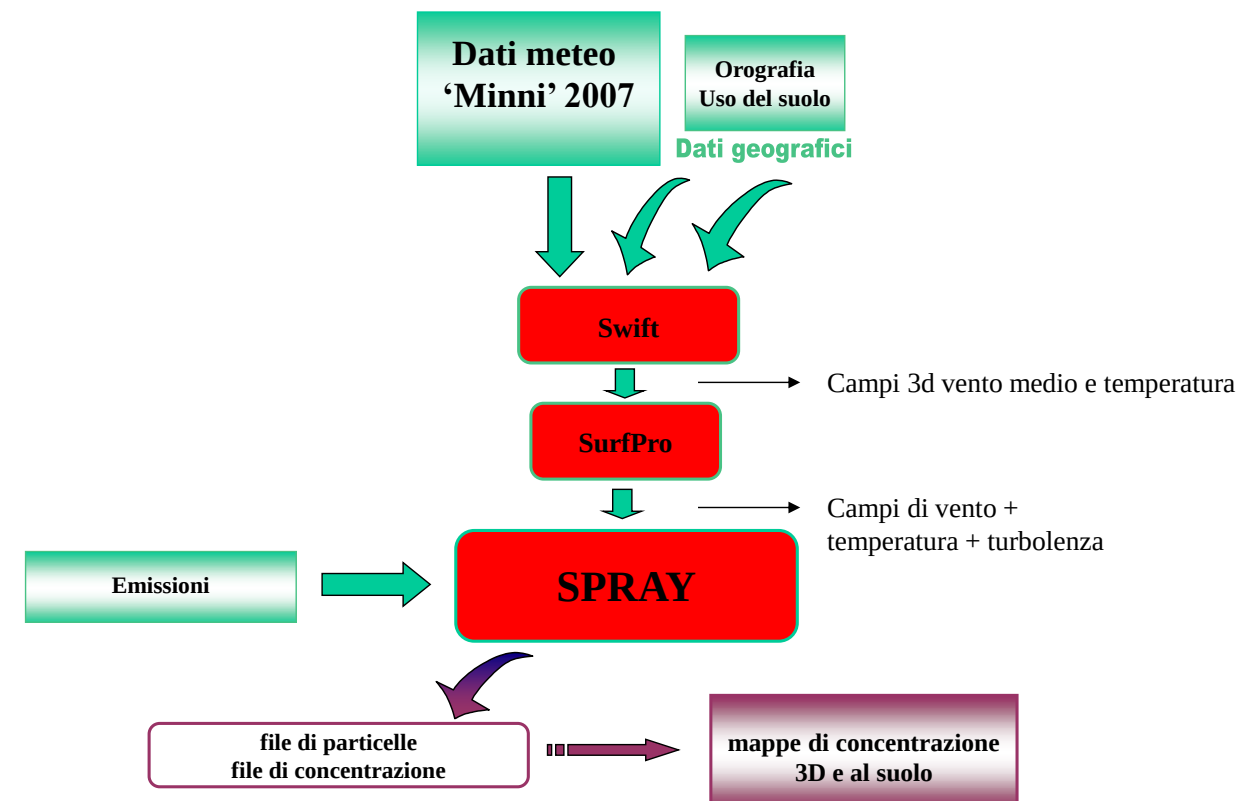


Figura 3-21. Area considerata per lo studio di dispersione su scala vasta, rappresentata dal rettangolo rosso

Area di simulazione

Il dominio di simulazione è stato scelto in maniera da comprendere le opere di adduzione oggetto della presente analisi. All'interno di questo dominio, per la ricostruzione della dispersione atmosferica nella zona di via Aposazza, si è quindi selezionato un dominio rettangolare di lato 2 km in direzione Ovest-Est e di lato 2.3 km in direzione Nord-Sud, come mostrato in Figura 3-22.



Figura 3-22. Rappresentazione del dominio complessivo e del sotto-dominio di calcolo per via Aposazza

Le coordinate (x, y) del vertice sudovest del dominio spaziale di calcolo nel sistema UTM-WGS 84 (fuso 32 N) sono: (686600 m, 4932500 m).

La risoluzione orizzontale utilizzata per descrivere sia i dati meteorologici in input che le concentrazioni in output (recettori di calcolo disposti regolarmente all'interno del dominio) è di 100 m, compatibile con la durata delle simulazioni su scala annuale da eseguire ed in grado di fornire un sufficiente dettaglio sia alla scala complessiva considerata che in vicinanza dell'opera.

La griglia di calcolo orizzontale è quindi caratterizzata da 20 celle nella direzione x e 23 celle nella direzione y.

L'estensione verticale del dominio di simulazione per la ricostruzione meteorologica è di 5000 m con i seguenti 14 livelli di calcolo sopra l'orografia espressi in metri:

0, 20, 75, 150, 250, 380, 560, 800, 1130, 1570, 2160, 2970, 3900, 5000.

Orografia e uso del suolo

Il dominio complessivo è caratterizzato da orografia sostanzialmente pianeggiante, essendo ormai lontano dagli ultimi pendii delle colline bolognesi.

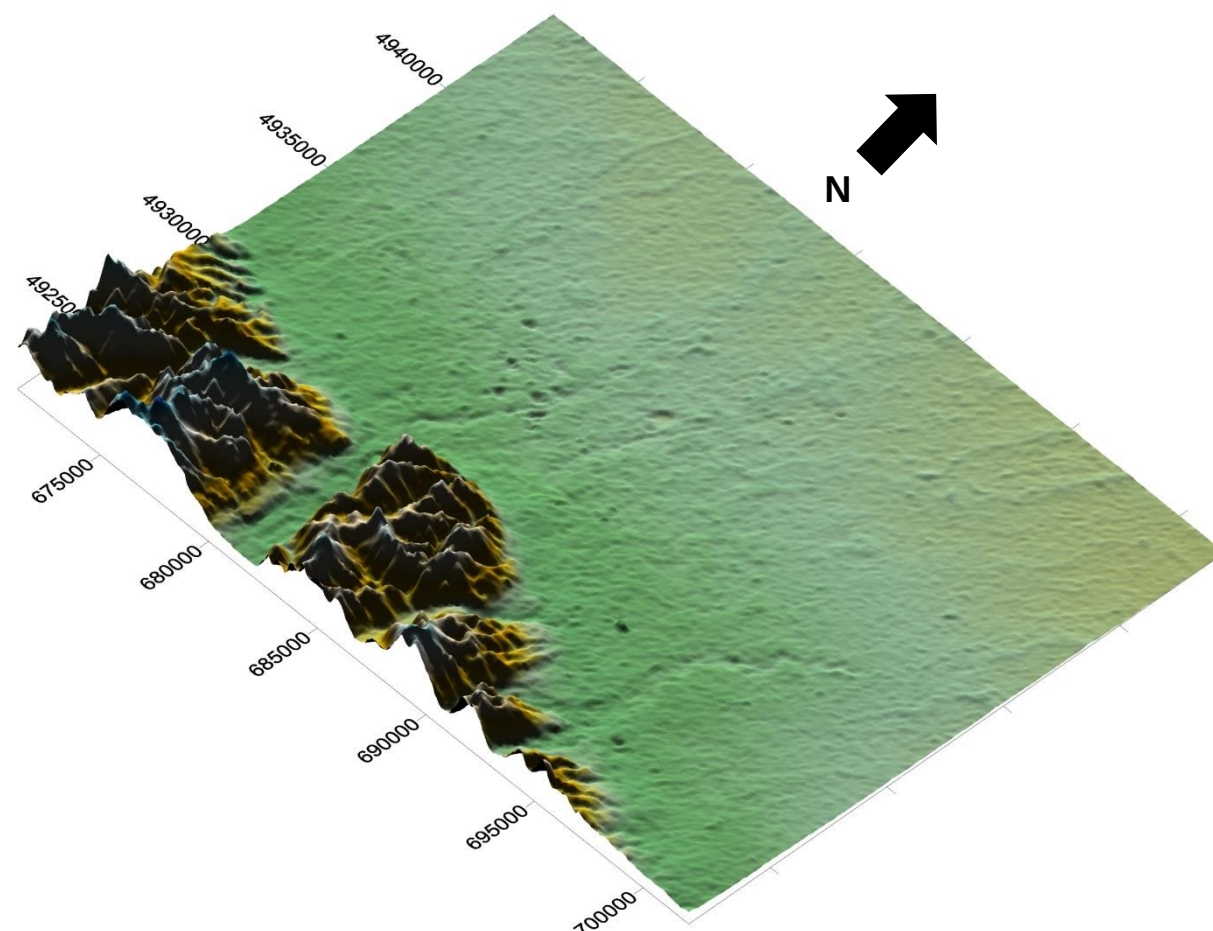


Figura 3-23. Rappresentazione dell'orografia tridimensionale nell'area vasta comprendente il dominio di calcolo

In figura seguente è illustrata la mappa dell'uso suolo, sempre sull'area vasta che include il dominio di calcolo. I codici di uso del suolo sono definiti secondo una classificazione a 21 classi ricavata da quella standard internazionale CORINE a 44 classi (EEA Data Service), mediante accorpamento di alcune categorie, secondo la didascalia riportata accanto alla figura.

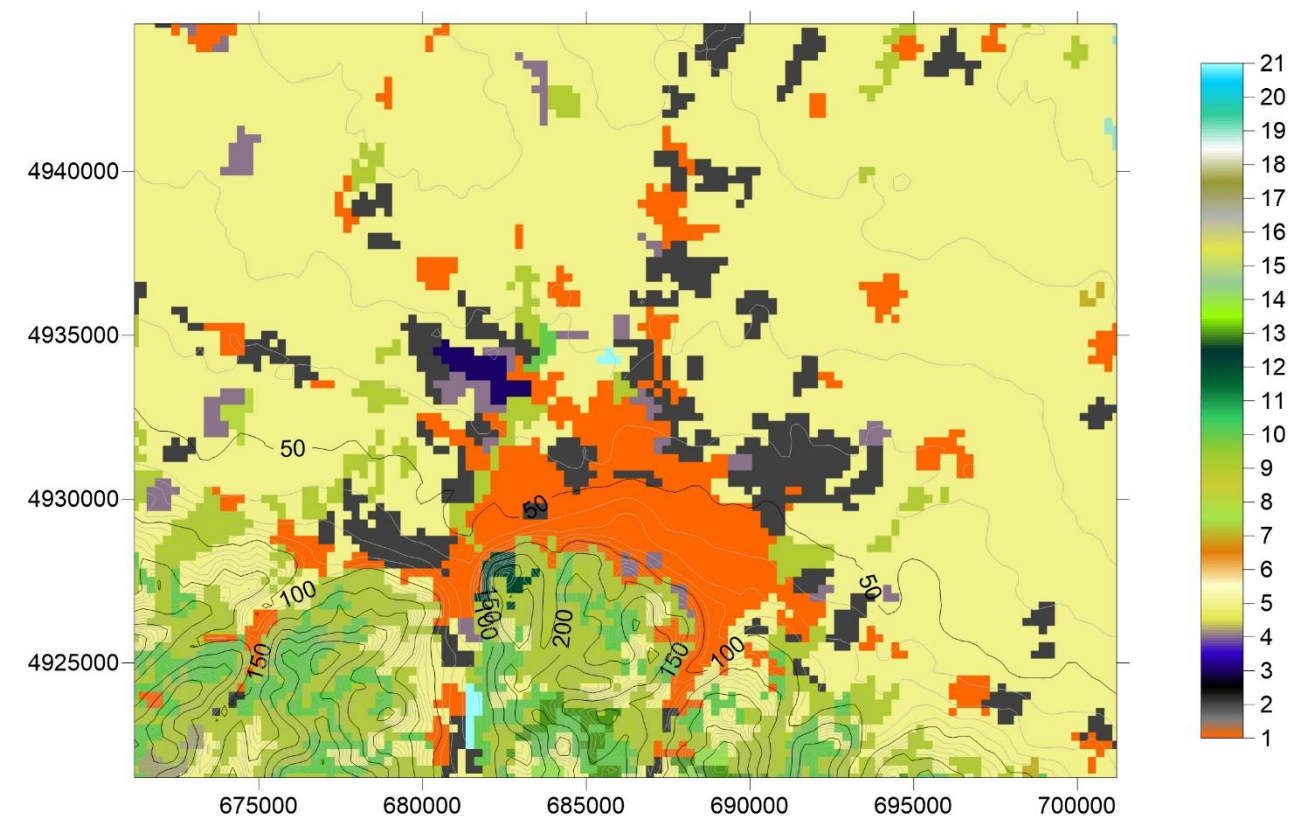


Figura 3-24. Rappresentazione 2d di orografia ed uso del suolo a 250 m risoluzione orizzontale nel dominio di calcolo

Dati Meteorologici – Il database MINNI

Per la realizzazione delle simulazioni di dispersione a scala locale con SPRAY, è necessario disporre di un insieme di dati meteorologici tridimensionali, che riproduca realisticamente le caratteristiche del dominio sotto investigazione.

A questo scopo sono stati estratti i dati meteorologici prodotti dal sistema modellistico utilizzato all'interno del progetto MINNI, Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione internazionale sui temi dell'Inquinamento atmosferico, www.minni.org (Zanini et al, 2010, Vitali et al., 2010).

Le simulazioni MINNI coprono diversi periodi annuali, in particolare gli anni 1999-2003-2005-2007; per le simulazioni oggetto del presente lavoro è stato scelto l'anno 2007, che rappresenta una situazione media da un punto di vista climatico, non caratterizzata da condizioni particolarmente estreme.

L'area MINNI Nord copre interamente l'area vasta di Bologna che include il dominio locale della presente simulazione zona di simulazione, come indicato nelle figure seguenti, che rappresentano rispettivamente il dettaglio totale del grigliato MINNI Nord e la copertura dei punti sull'area vasta del dominio di simulazione.

Il dataset MINNI contiene i campi meteorologici tridimensionali (matrici di vento, temperatura e umidità) e bi-dimensionali (precipitazione e copertura nuvolosa) a risoluzione temporale oraria. Il dataset è stato ottenuto mediante l'applicazione di un modello meteorologico prognostico alle equazioni primitive, opportunamente guidato al contorno da campi di analisi a grande scala e, localmente, mediante l'utilizzo di dati misurati.

Il compito delle simulazioni meteorologiche mediate il codice diagnostico sul dominio e alla risoluzione target, è quello di ricalibrare questa informazione consentendo un migliore incanalamento rispetto all'eventuale orografia ed uso del suolo locali.



Figura 3-25. Area complessiva di copertura dei punti meteorologici di MINNI Nord e posizionamento (quadrato rosso) del dominio area vasta

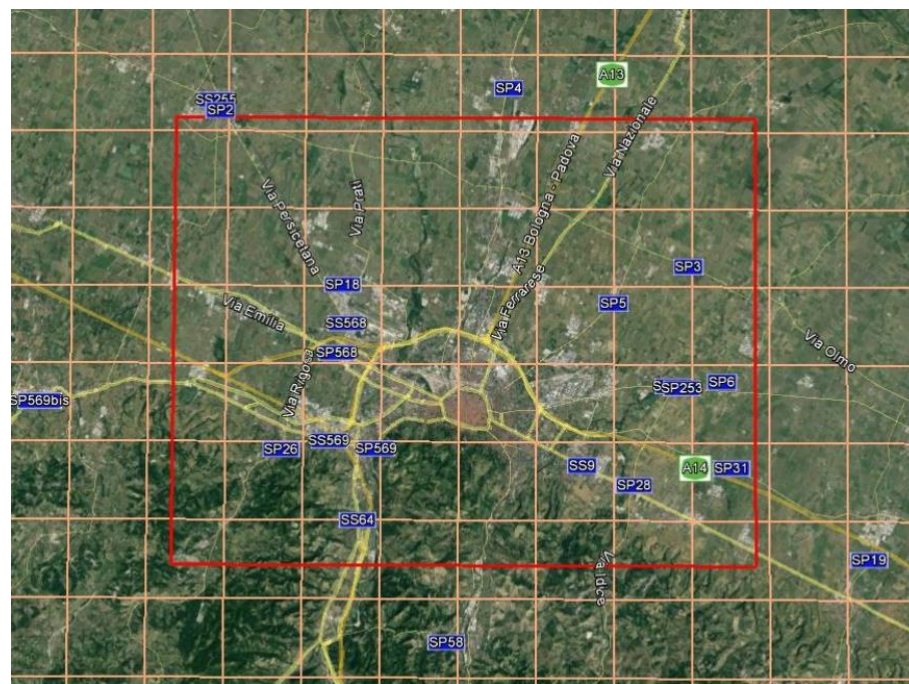


Figura 3-26. Dettaglio di copertura del grigliato MINNI Nord sul dominio target di calcolo, rappresentato dal quadrato rosso

Ricostruzione dei campi di vento e temperatura

Utilizzando i dati di topografia e uso suolo a risoluzione più fine, è stata quindi effettuata una discesa di scala dei campi meteorologici orari al suolo e in quota provenienti dal dataset MINNI 2007, passando dalla risoluzione iniziale a 4 km alla risoluzione finale di 100 m, applicando il modello diagnostico a divergenza nulla Swift, descritto nel seguito.

Il modello Swift sviluppato da EDF e ARIA Technologies S.A. (Aria Technologies, 2008, Finardi et al. 1998) è un codice "mass-consistent" di tipo diagnostico in grado di ricostruire i campi tridimensionali di vento e temperatura.

Per la ricostruzione del campo di vento, il modello opera essenzialmente in due fasi:

- nella prima effettua l'interpolazione sul dominio di calcolo tridimensionale dei dati di vento forniti in input;
- nella seconda - detta di analisi oggettiva - applica il principio fluidodinamico di conservazione della massa ad ogni cella del dominio e produce un campo di vento definito aggiustato.

La fase di aggiustamento consiste nella soppressione della divergenza presente nel campo interpolato, attraverso la minimizzazione del seguente funzionale:

$$I(u, v, w, \lambda) = \int_V \left((u - u_0)^2 + (v - v_0)^2 + \alpha(w - w_0)^2 + \lambda \nabla \cdot \underline{u} \right) dV$$

con: u_0, v_0, w_0 componenti cartesiane del campo interpolato;

u, v, w componenti cartesiane del campo aggiustato;

λ è il moltiplicatore di Lagrange;

$\nabla \cdot \underline{u}$ è la divergenza del vettore vento $\underline{u} = (u, v, w)$.

Il parametro α consente di pesare diversamente l'aggiustamento delle componenti orizzontali e verticali della velocità del vento: con $\alpha=1$ non c'è differenza nel grado di aggiustamento, mentre valori più piccoli/grandi di α fanno sì che l'aggiustamento sia operante principalmente sulla componente orizzontale/verticale del campo di vento. Inoltre, poiché da α dipende la parte di flusso che aggira l'ostacolo orografico in rapporto a quella che lo oltrepassa verticalmente, il suo valore è usato spesso per tenere conto della stabilità atmosferica sul flusso.

La componente verticale del campo di vento (w) normalmente non viene considerata durante la fase di interpolazione, in quanto non si dispone di una rete tridimensionale di misura per tale parametro, quindi si considera $w_0=0$ per ogni cella del dominio e, di fatto, w viene generata dal modello durante la fase di aggiustamento.

Per costruzione, i modelli di tipo "mass-consistent" hanno la caratteristica di produrre il migliore campo di vento a divergenza nulla che minimizza lo scostamento complessivo dall'iniziale interpolazione grezza delle misure. Per questo motivo, la prima fase di interpolazione delle misure di vento riveste grande importanza nel processo di ricostruzione del campo di vento finale. Inoltre il campo interpolato che si ottiene dipende spesso dalla configurazione spaziale delle postazioni di misura, oltre che dalle quote di misura dei profili verticali.

Swift consente di scegliere tra diversi metodi di interpolazione: l'interpolazione di Cressman pesata sull'inverso del quadrato della distanza, che può essere effettuata separatamente per i diversi strati verticali (Cressman 2D) o in maniera tridimensionale (Cressman 3D) e il metodo non isotropo di triangolazione delle misure al suolo associato ad un'interpolazione tridimensionale delle misure in quota (profili verticali). L'interpolazione dei dati di vento viene eseguita indipendentemente per ognuna delle componenti cartesiane del vettore vento.

Più esplicitamente, il metodo Cressman 2D consiste, dapprima, nell'interpolare linearmente sugli strati verticali del reticolo i profili di vento, quindi nel calcolare, per ogni strato, le componenti del vento nei punti di coordinate (x,y) della maglia, secondo le equazioni:

$$U_i(x, y, k) = \frac{\sum_{n=1}^{NMSUR} [U_i(x_n, y_n) P_n(x, y)]}{\sum_{n=1}^{NMSUR} P_n(x, y)} \quad i = 1, 2$$

con: $U_1 = u_0$ e $U_2 = v_0$, componenti orizzontali del campo interpolato;

NMSUR, numero di stazioni dello strato:

- per il primo strato sopra il suolo ($k=2$), NMSUR è il numero delle misure al suolo utilizzate;
- per gli strati sovrastanti, NMSUR è pari al numero delle misure interpolate a partire dai profili considerati;

$P_n(x, y)$ il peso associato alla postazione di misura ed espresso dalla funzione del tipo:

$$P_n(x, y) = \frac{1}{r_n^2}$$

dove:

- $r_n = \frac{R_n}{P_h}$;
- $R_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2}$, distanza del punto maglia (x,y) dalla stazione di coordinate (x_n , y_n);
- P_h il parametro di portata orizzontale, calcolato automaticamente da Swift, in funzione della distanza tra le stazioni e del passo della maglia orizzontale.

Al termine di questa fase di inizializzazione del campo tridimensionale, mediante una funzione esponenziale può essere eseguito un raccordo tra il campo alla superficie $U_i(x, y, 2)$, relativo al primo strato della maglia, e quello in quota $U_i(x, y, k)$, riguardante i restanti strati del reticolo. Tutto ciò in modo da attenuare le discontinuità che possono insorgere per il fatto che, per il livello superficiale vengono utilizzate solo le misure delle postazioni al suolo, mentre per i livelli sovrastanti vengono usate solo le misure dei profili di vento.

Nella interpolazione di tipo Cressman 3D, il peso $P_n(x, y, z)$ è funzione della distanza tridimensionale e le componenti orizzontali di ogni cella del grigliato, $U_i(x, y, k)$, sono calcolate tenendo conto non solo della distanza in senso orizzontale ma anche della quota a cui è stata effettuata la misura. In questo modo si ha una ricostruzione più continua dei profili di ogni cella.

Per la ricostruzione dei campi di temperatura il codice Swift utilizza delle procedure interpolative basate sul metodo Cressman 2D, tenendo però conto di fattori correttivi sulla verticale per correggere gli effetti dovuti alla presenza dell'orografia.

Il modello Swift ha prodotto 8761 campi meteorologici orari a partire dalle ore 00:00 del giorno 1/1/2007, fino alle ore 00:00 del giorno 1/1/2008. Questi campi sono stati direttamente utilizzati dal modello Lagrangiano a particelle SPRAY per ricostruire la dispersione degli agenti inquinanti.

A titolo esemplificativo e sempre relativamente all'area vasta bolognese, che include il dominio di dettaglio qui considerato, nelle figure che seguono sono riportati i campi meteorologici di vento e temperatura in prossimità del suolo per una situazione invernale (giorno 13/1/2007), che mostrano una situazione di vento debole persistente, caratterizzato da un ciclo di brezza leggerissima giorno/notte innescato dai primi rilievi appen-

ninici a sud di Bologna e dalla presenza di una forte inversione notturna che determina valori di temperatura superiori sui rilievi rispetto al fondovalle.

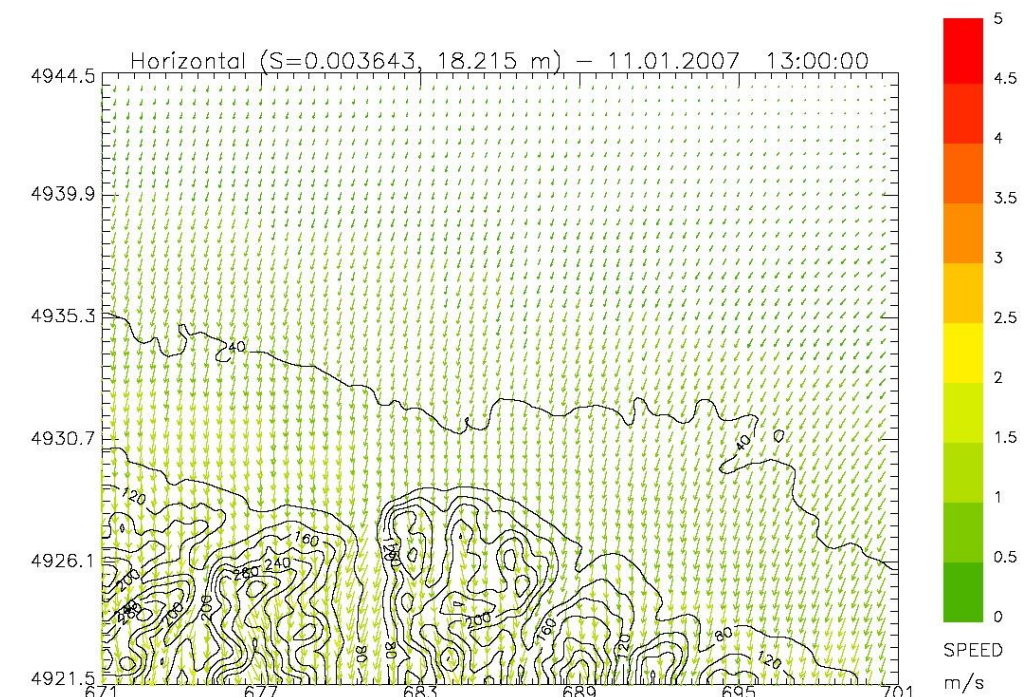


Figura 3-27. Campo di vento in prossimità del suolo - 11/1/2007 13:00.

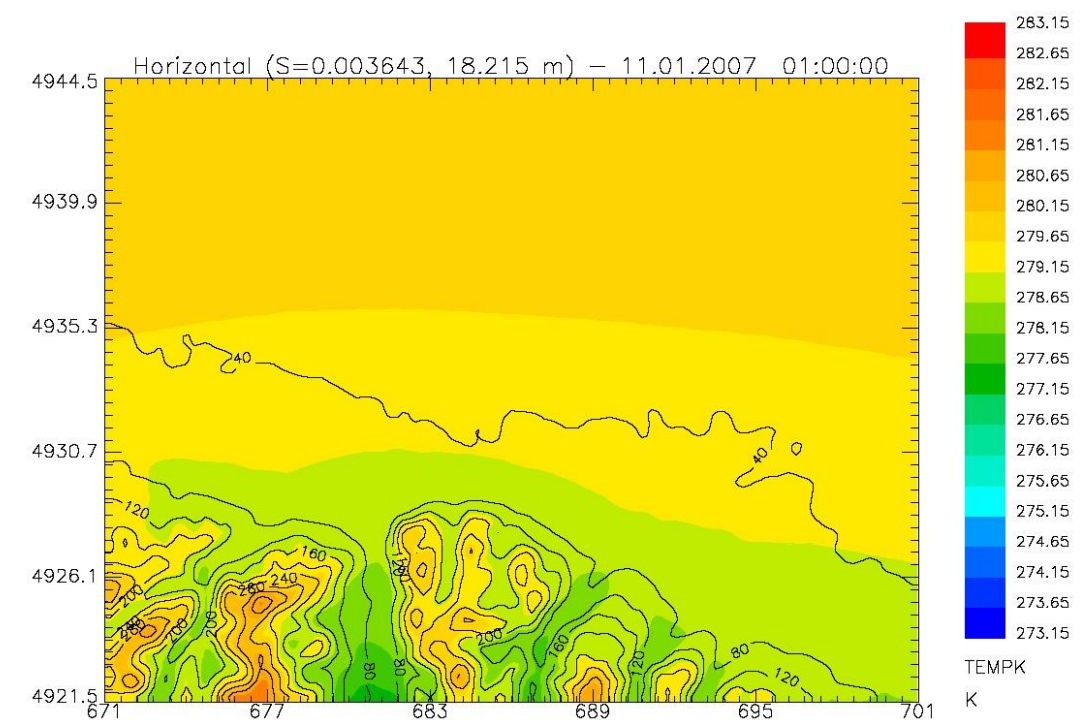


Figura 3-28. Campo di temperatura dell'aria in prossimità del suolo - 11/1/2007 01:00. Valori espressi in K

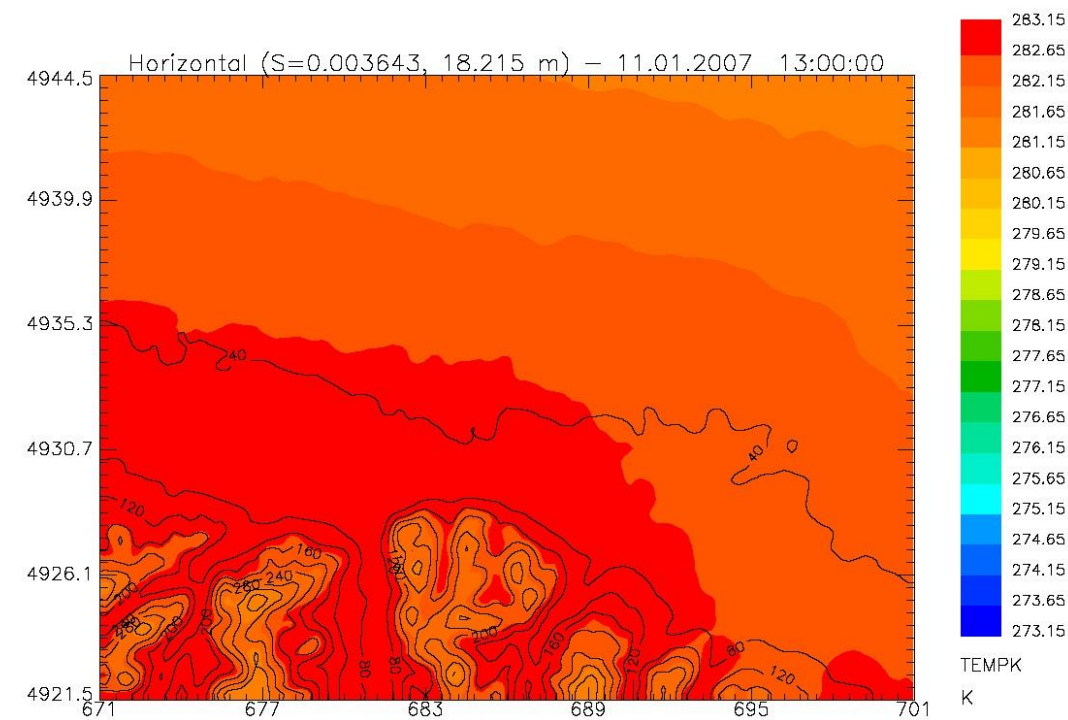


Figura 3-29. Campo di temperatura dell'aria in prossimità del suolo - 11/1/2007 01:00.

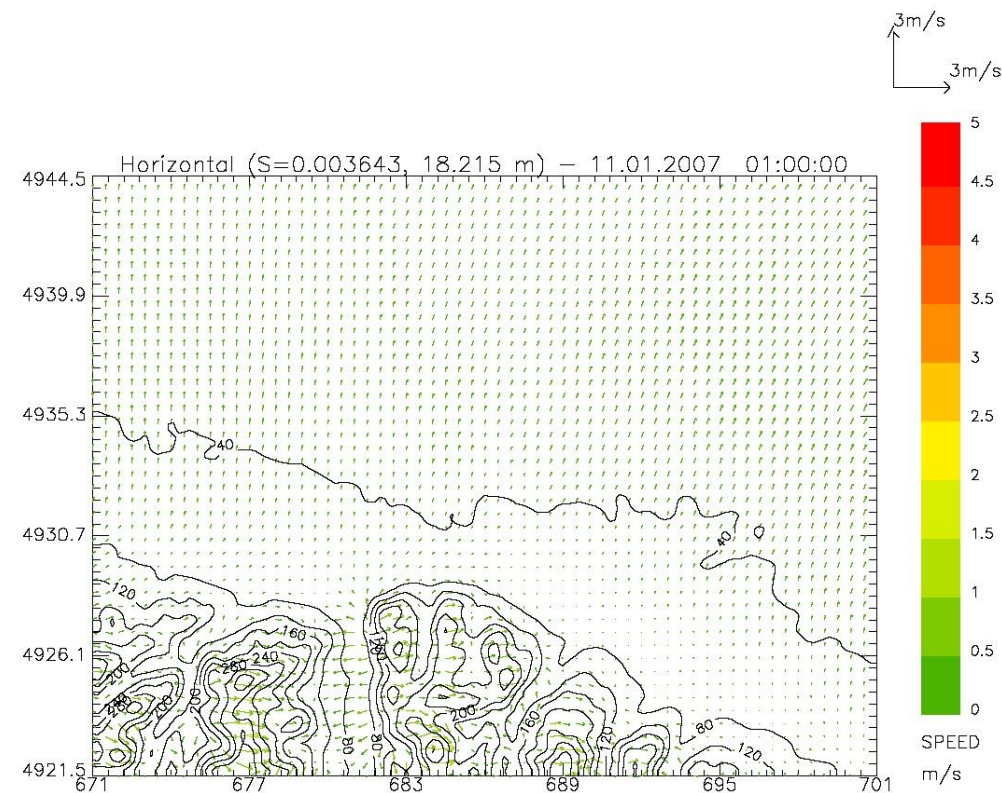


Figura 3-30. Campo di vento in prossimità del suolo - 11/1/2007 01:00. Velocità del vento secondo la scala colorata a destra

Nelle figure che seguono sono invece riportati i campi meteorologici di vento e temperatura in prossimità del suolo per una situazione estiva (giorno 1/7/2007), che mostrano una situazione di vento moderato che mostra un ciclo di brezza locale simile ma con maggiore intensità, con temperature dell'aria ovviamente più elevate rispetto al caso invernale.

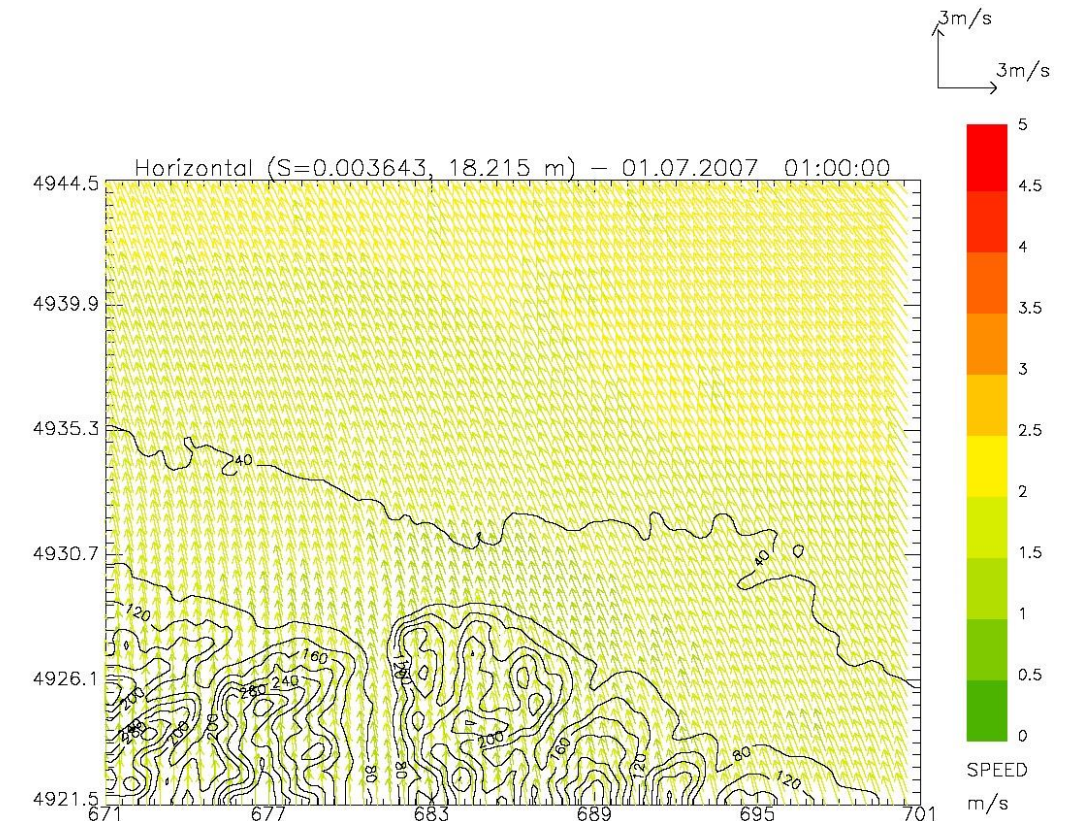


Figura 3-31. Campo di vento in prossimità del suolo - 1/7/2007 01:00. Velocità del vento secondo la scala colorata a destra

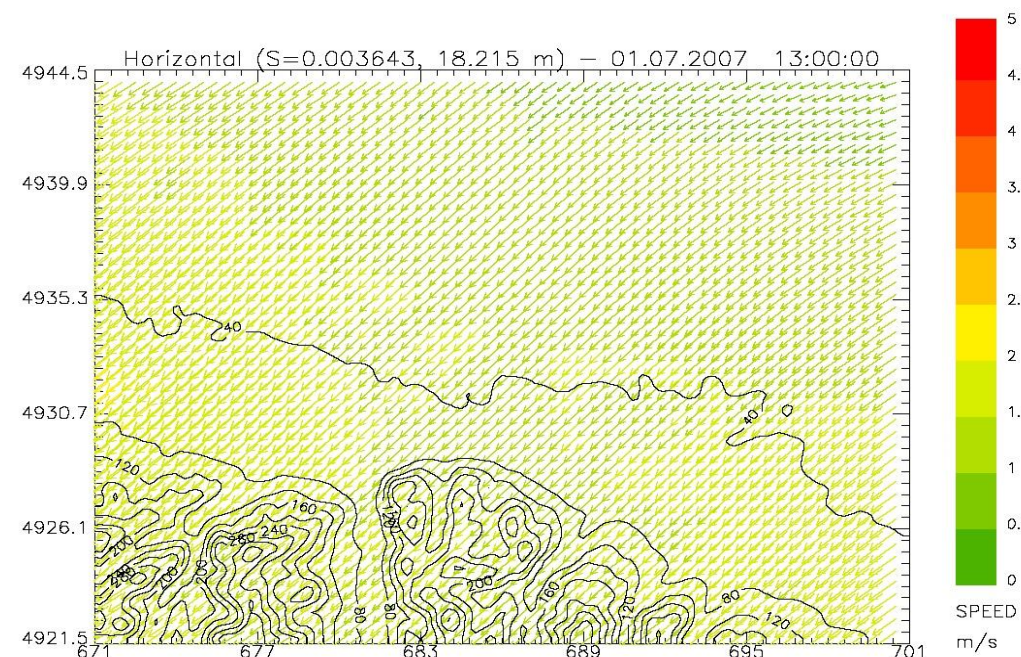


Figura 3-32. Campo di vento in prossimità del suolo - 1/7/2007 13:00

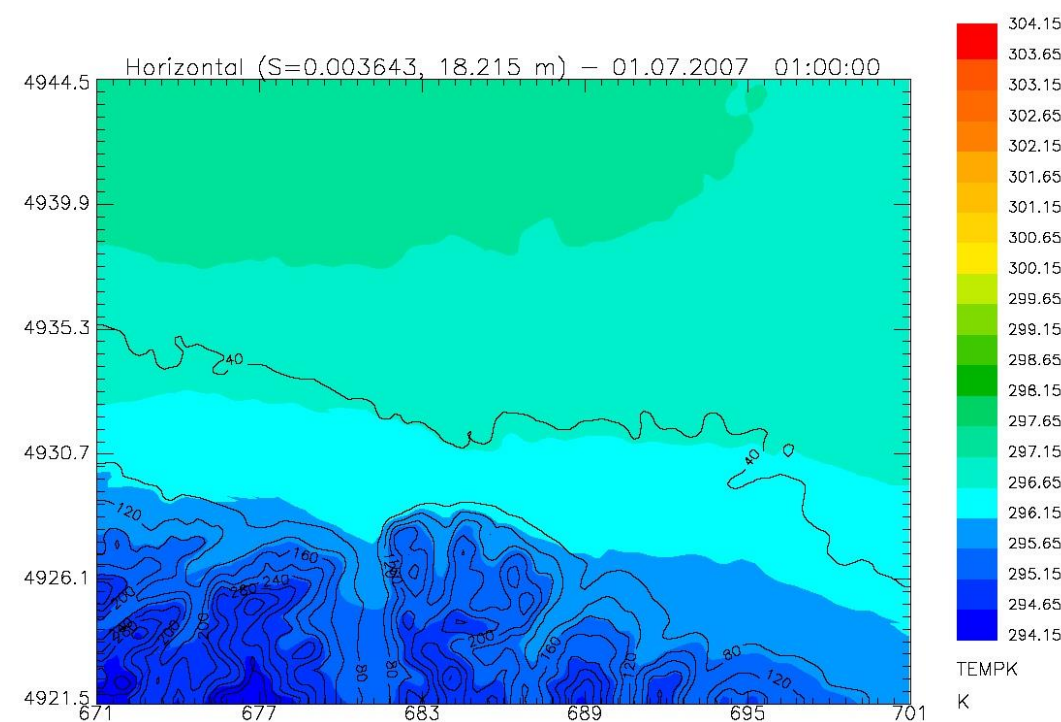


Figura 3-33. Campo di temperatura dell'aria in prossimità del suolo - 1/7/2007 01:00. Valori espressi in K

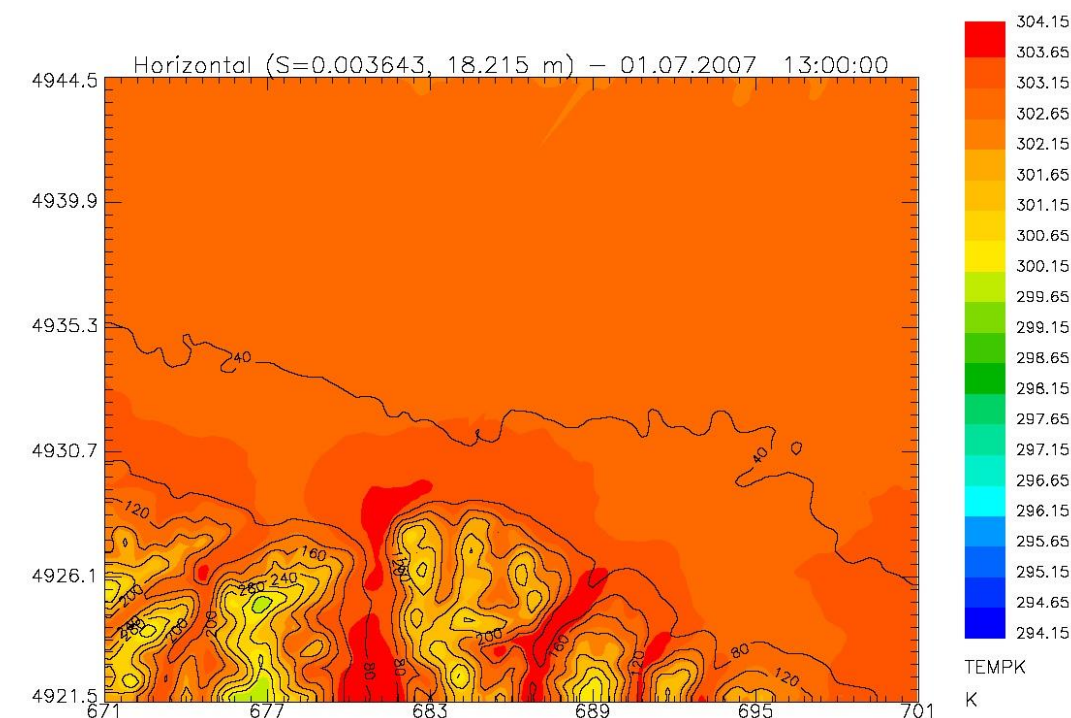


Figura 3-34. Campo di temperatura dell'aria in prossimità del suolo - 1/7/2007 13:00.

SPRAY, per determinare il trasporto degli inquinanti emessi in atmosfera, oltre alle caratteristiche del vento che domina il trasporto in direzione orizzontale, richiede che siano definite le caratteristiche della turbolenza atmosferica, cioè dei moti disordinati che hanno origine sia meccanica sia termica e che favoriscono, in condizioni di instabilità, la dispersione anche nella direzione verticale.

Nei modelli utilizzati per il presente lavoro, la turbolenza viene descritta attraverso opportune variabili fisiche dette "di scala", che hanno il compito di riassumerne le principali caratteristiche. Tali variabili sono:

- u^* o velocità di frizione, che descrive gli effetti legati alla turbolenza di tipo 'meccanico', dovuti alla presenza di ostacoli superficiali o variazioni con la quota della velocità del vento (shear);
- H_{mix} o altezza dello strato limite, che rappresenta lo strato adiacente al suolo variabile nel tempo e nello spazio all'interno del quale avvengono i principali fenomeni turbolenti generati dall'interazione del flusso atmosferico con la superficie, e dove vengono in genere immesse le sostanze inquinanti;
- L o lunghezza di Monin-Obukhov che rappresenta un indicatore della stabilità atmosferica. Un'atmosfera stabile tende ad un minore rimescolamento e dispersione delle sostanze emesse, al contrario un'atmosfera instabile è caratterizzata da una maggiore efficienza dispersiva. Valori negativi vicini allo zero sono rappresentativi di un'atmosfera instabile in condizioni convettive diurne, valori positivi piccoli sono invece caratteristici di un'atmosfera stabile tipicamente notturna;
- w^* o velocità convettiva di scala che rappresenta una misura dell'intensità della turbolenza nelle ore più calde in presenza di forte irraggiamento solare.

I campi di queste variabili vengono ricostruiti ora per ora su tutto il dominio mediante l'utilizzo del preprocessore SurfPro descritto nel seguito, tenendo conto delle disomogeneità orizzontali indotte dalla presenza di differenti caratteristiche di uso del suolo.

Il codice SurfPro sviluppato da ARIANET S.r.l. (Silibello, 2006), è un pre-processore meteorologico in grado di ricostruire le principali variabili che descrivono la turbolenza atmosferica su terreno complesso, necessarie in input a modelli di dispersione. Il codice riceve in input i campi tridimensionali di vento e temperatura gene-

rati dal codice Swift, eventuali variabili meteorologiche disponibili sul territorio in esame (quali ad esempio la nuvolosità o la radiazione solare globale disponibile ora per ora dai campi provenienti da un modello prognostico) e la matrice di dati di uso del suolo, su un grigliato orizzontale corrispondente a quello dei dati di vento, in grado di descrivere la non omogeneità orizzontale del terreno nella risposta alla forzante radiativa solare e la conseguente disomogeneità nei campi di turbolenza che si vengono a determinare. Utilizzando diversi schemi di parametrizzazione della turbolenza consolidati in letteratura, il codice ricostruisce campi bidimensionali delle variabili di scala descritte in precedenza.

Il programma tiene inoltre conto sia dell'inclinazione dei pendii rispetto a quella dei raggi solari che degli effetti d'ombra presenti a causa dell'eventuale mascheramento provocato dall'orografia.

Nelle figure seguenti esempi di campi bidimensionali di u^* e Hmix, alle ore 01:00 e 13:00 del giorno 11/1/2007, calcolati dal codice SurfPro sull'area vasta che include il dominio di dettaglio.

Le figure mostrano uno sviluppo di scarsa turbolenza notturna a causa della bassa, ciò porta ad uno strato limite di modesta entità. Durante il giorno, anche un basso livello di radiazione solare e la presenza di un flusso atmosferico di maggiore intensità portano allo sviluppo di uno strato limite verticale con spessori che arrivano a circa 450 metri in pianura. La presenza di un uso del suolo in grado di diversificare zone urbanizzate e zone di campagna determina disomogeneità spaziali locali delle variabili di scala visibili nei grafici, a questo si aggiunge la variazione orizzontale, in particolare nello sviluppo dello strato limite diurno, nella zona caratterizzata dalla presenza dei pendii, che determinano un minore o maggiore apporto sulla superficie della radiazione solare incidente.

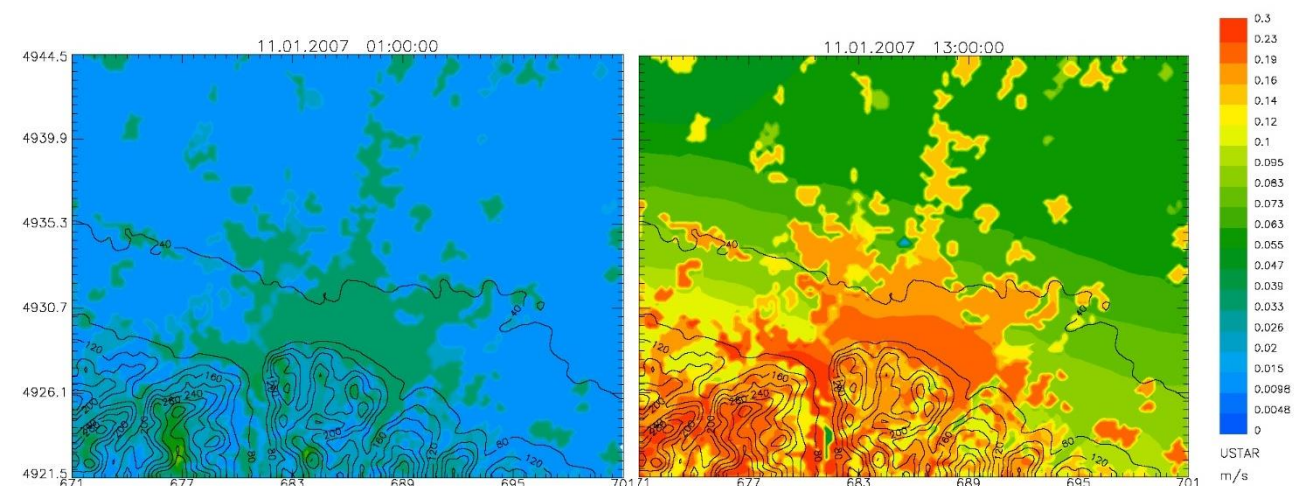


Figura 3-35. Campi bidimensionali della velocità di frizione u^* calcolati il giorno 11/1/2007 alle ore 01:00 (a sinistra) e alle ore 13:00 (a destra). Valori in m/s, secondo la scala colorata

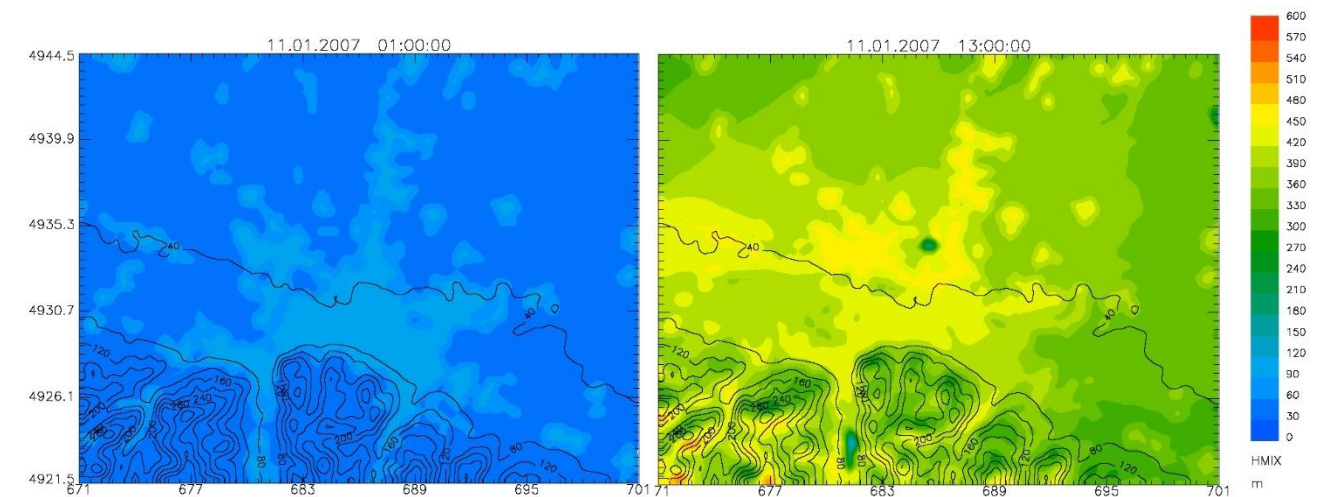


Figura 3-36. Campi bidimensionali dell'altezza dello strato limite Hmix calcolati il giorno 11/1/2007 alle ore 01:00 (a sinistra) e alle ore 13:00 (a destra). Valori in m/s, secondo la scala colorata

Ricostruzione della dispersione atmosferica

La suite di codici Swift-SurfPro-SPRAY è stata utilizzata in una configurazione tale da ottenere simulazioni di dispersione su scala climatologica annuale per l'intero anno 2007.

Il modello SPRAY, utilizzato nella versione 3.1, è sviluppato da ARIANET S.r.l. e ARIA Technologies S.A. (Tinarelli et al., 1994, 1999, 2007) è un codice lagrangiano a particelle tridimensionale per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). È in grado di ricostruire campi di concentrazione determinati da sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale che da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

Il moto di ogni particella viene ricostruito utilizzando le equazioni:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + u_x(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_x(t) = \overline{U_x}(t) + u'_x(t)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + u_y(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_y(t) = \overline{U_y}(t) + u'_y(t)$$

$$z(t + \Delta t) = z(t) + u_z(t) \cdot \Delta t \quad ; \quad u_z(t) = \overline{U_z}(t) + u'_z(t)$$

dove x, y, z rappresentano le coordinate cartesiane di ogni singola particella nel dominio tridimensionale e u_x , u_y , u_z le componenti delle velocità, suddivise in parte media e fluttuazione turbolenta. La parte media, responsabile del trasporto degli inquinanti, è ottenuta dal modello Swift nel sistema di riferimento terrain-following x,y,s, in cui la coordinata verticale s è definita come:

$$s = \frac{z - z_g}{z_{top} - z_g}$$

dove z è la coordinata geometrica verticale, z_{top} l'altezza del dominio di calcolo e $z_g(x,y)$ l'altezza dell'orografia. Le particelle interpolano linearmente il valore del vento nel punto x,y,z in cui si trovano utilizzando i

valori di tali matrici. SPRAY 3.1 consente di simulare condizioni non stazionarie interpolando linearmente nel tempo il valore tra quelli di due matrici successive.

Le fluttuazioni turbolente u'_x , u'_y e u'_z , responsabili della diffusione, sono determinate risolvendo le equazioni differenziali stocastiche di Langevin:

$$\dot{u}_i(t + \Delta t) = a_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t) + b_i(\vec{x}, \vec{u}(t), t)\Delta\xi \quad ; \quad i = x, y, z$$

dove a e b sono funzioni della posizione e della velocità di ogni particella e dipendono dalle caratteristiche della turbolenza e dallo schema risolutivo utilizzato. SPRAY 3.1 implementa gli schemi indicati da Thomson (1984, 1987).

SPRAY 3.1 è in grado di simulare i fenomeni di deposizione secca ed umida. La deposizione secca viene simulata mediante un metodo di rimozione probabilistico orientato alla particella, derivato dalla soluzione dell'equazione di Fokker-Planck (Boughton et al., 1987) che impone una condizione al contorno al suolo tale da garantire, in ogni intervallo di tempo Δt , che il flusso di deposizione sia proporzionale alla concentrazione al suolo, secondo un coefficiente rappresentato dalla velocità di deposizione.

Per pilotare una simulazione di dispersione che tenga anche conto dei fenomeni di deposizione secca e umida, il modello SPRAY 3.1 utilizza principalmente:

- campi tridimensionali di vento e temperatura, forniti dal codice Swift;
- campi bidimensionali di turbolenza $z0$, H_{mix} , u^* , L , w^* forniti dal codice SurfPro;
- dati di emissione, costituiti da una sequenza di informazioni sulla loro geometria e localizzazione spaziale, sulle quantità in massa emesse per ciascuna delle specie inquinanti prese in considerazione nella simulazione e sul numero di particelle da utilizzare. Ad ogni particella viene attribuita una massa per ogni specie, dipendente dalle caratteristiche della sorgente nel momento in cui viene emessa, simulando in questo modo condizioni non stazionarie.

Nelle simulazioni specifiche effettuate, che tengono conto di sorgenti stradali, le particelle vengono emesse in corrispondenza del tracciato che viene considerato in ognuno degli scenari simulati, tenendo conto delle dimensioni delle carreggiate e della turbolenza autoindotta generata dalla circolazione dei mezzi.

Per completare la simulazione su base annua, i modelli vengono richiamati in cascata con frequenza oraria. Per rappresentare le emissioni delle diverse sorgenti vengono utilizzate e seguite, nel dominio di calcolo, un numero di particelle sufficienti a risolvere concentrazioni inferiori a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la specie NO_x in ognuna delle celle del grigliato utilizzato.

Lo stato finale di ogni ora (posizioni, velocità e masse associate ad ogni particella) viene utilizzato per iniziare il "run" dell'ora successiva. In questo modo la simulazione risulta essere continua durante tutto il periodo annuale descrivendo l'evoluzione spazio-temporale di ogni pennacchio emesso. Complessivamente vengono quindi prodotti 8760 campi di concentrazione suddivisi secondo quanto descritto in precedenza, a partire dal 1/1/2007 01:00 fino al 31/12/2007 24:00, ogni campo di concentrazione calcolato rappresenta la media oraria riferita all'intervallo precedente.

La sequenza temporale dei campi di concentrazione così ottenuta è stata utilizzata per calcolare i valori statistici di confronto con i limiti della normativa vigente sulla qualità dell'aria, caratteristici di ogni specie. Le specie considerate nelle simulazioni sono NO_x , CO , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 e C_6H_6 .

Per questa tipologia di simulazioni sono stati considerati i due diversi scenari considerati nel bilancio emissivo:

- PRG2030;
- PRJ2030

Per la ricostruzione della distribuzione spaziale dell'inquinamento prodotto dal traffico stradale sulla rete della viabilità principale esaminata è stato utilizzato il medesimo modello lagrangiano a particelle SPRAY utilizzato per lo studio d'impatto atmosferico del progetto Nodo Autostradale di Bologna di cui le opere qui studiate costituiscono un progetto complementare. Per il sito di via Aposazza, è stato definito un dominio di calcolo

di $2 \times 2.3 \text{ km}$, con risoluzione 100 m . I campi meteorologici utilizzati per alimentare il modello alla scala vasta sono stati portati alla risoluzione necessaria mediante applicazione di un modello diagnostico.

Conseguentemente all'analisi dello stato di qualità dell'aria a scala vasta e locale e coerentemente con quanto svolto per la stima delle emissioni, le simulazioni di dispersione sono state focalizzate sugli inquinanti NO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$, che risultano quelli di maggiore interesse.

Rispetto agli ossidi di azoto, l'utilizzo di un modello lagrangiano a particelle richiede particolari accortezze. I limiti di legge per la protezione della salute umana riguardano infatti il solo biossido di azoto (NO_2) mentre le simulazioni modellistiche descritte considerano gli NO_x cioè la miscela complessiva degli ossidi di azoto; e la metodologia modellistica utilizzata in questo studio tratta il solo inquinamento primario. Per confrontare le concentrazioni stimate con i limiti normativi è dunque necessario riportare i risultati modellistici di NO_x in NO_2 in modo da verificare il rispetto dei limiti di legge.

La miscela inquinante NO_x (ossidi di azoto) in aria è composta in massima parte di due gas, monossido (NO) e biossido (NO_2) di azoto, in misura variabile che dipende tra l'altro dal sito, dalla meteorologia e dalla distanza dalle principali sorgenti. In altre parole, le reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera, e che portano alla trasformazione di NO in NO_2 e viceversa, dipendono tra l'altro:

- ✓ dalla presenza ed intensità della luce solare;
- ✓ dalla presenza di altri gas (ozono e composti organici) che interagiscono con tali trasformazioni;
- ✓ dalla relativa composizione della miscela NO_x presente all'emissione.

Una relazione semi-empirica dell'andamento di tale frazione in funzione dei livelli di NO_x è stata stabilita da alcuni studi, sulla base di una curva polinomiale di quarto ordine del logaritmo in base 10 della concentrazione di NO_x (Derwent & Middleton, 1996, Dixon et al., 2000).

Per ricavare per regressione i coefficienti della funzione di cui sopra sono stati utilizzati i dati derivanti da una campagna di misure svolta da Autostrade per l'Italia in studi precedenti.

Le concentrazioni medie orarie di NO_x simulate dal codice SPRAY vengono quindi trasformate in concentrazioni di NO_2 utilizzando le relazioni precedentemente descritte. La figura seguente presenta l'andamento della curva utilizzata, risultato della regressione applicata ai dati misurati presso il punto di monitoraggio SPEA di Castel San Pietro. Le concentrazioni di NO_2 sono pari o superiori al 50% di quelle di NO_x fino a circa $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$; a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono il 18%; oltre 450, in assenza di una buona solidità statistica, esse sono tenute uniformemente pari al 17%.

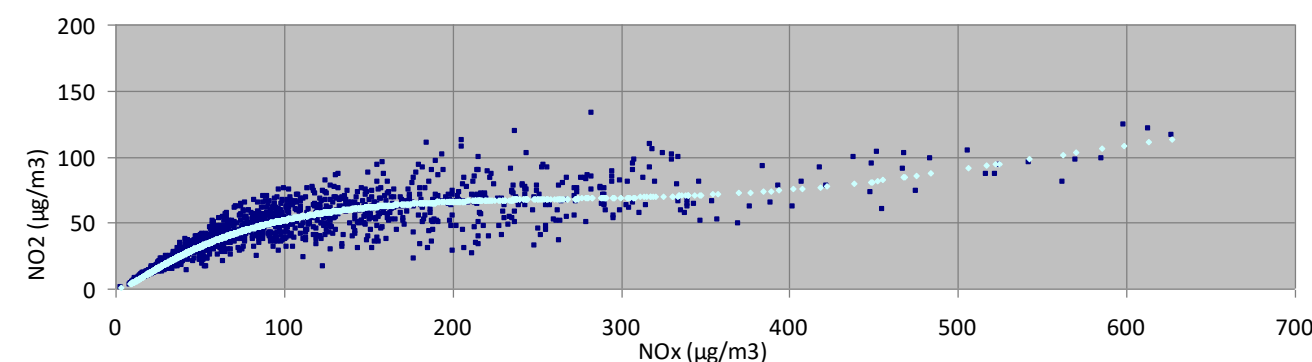


Figura 3-37: Andamento della curva NO_2/NO_x caratteristico di un punto di monitoraggio Spea presso Castel San Pietro (curva in azzurro, misure in blu - coefficienti: $a=1.161$, $b=-3.401$, $c=4.570$, $d=-2.197$, $e=0.341$)

Dalla Figura 3-38 alla Figura 3-42 sono presentate le mappe delle ricadute al suolo degli inquinanti atmosferici e per entrambi gli scenari esaminati. Le mappe si riferiscono ai contributi della rete stradale esaminata (in nero i relativi tracciati). Di seguito invece una tabella di confronto dei massimi di mappa ottenuti nei due scenari.

Non si evidenziano contributi che possano portare a superamenti dei limiti di legge per ogni inquinante, parametro statistico e scenario esaminato. L'effetto dell'intervento proposto sulla viabilità locale si conferma

positivo sui livelli d'inquinamento atmosferico da NO₂, praticamente ovunque sul dominio di calcolo compreso il punto di massimo impatto, localizzato al centro dello svincolo tra la A13 e la E45. Per gli altri inquinanti l'effetto è neutro o al più debolmente negativo (aumenti inferiori al 2.5%).

Tabella 3-27. Massimi di griglia calcolati con SPRAY (non necessariamente nello stesso punto)

Inquinante	Parametro (valore limite)	Scenario PRG2030	Scenario PRJ2030	Differenza %
NO ₂	Media annuale (40 µg/m ³)	39.6 µg/m ³	37.7 µg/m ³	-4.8%
NO ₂	Percentile annuale 99.8 delle concentrazioni medie orarie (200 µg/m ³)	114.7 µg/m ³	106.0 µg/m ³	-7.6%
PM10	Media annuale (40 µg/m ³)	6.8 µg/m ³	6.9 µg/m ³	1.5%
PM10	Percentile annuale 90.4 delle concentrazioni medie giornaliere (50 µg/m ³)	13.0 µg/m ³	13.3 µg/m ³	2.3%
PM2.5	Media annuale (20 µg/m ³)	5.24 µg/m ³	5.20 µg/m ³	-0.8%
CO	Massimo annuale delle concentrazioni medie mobili su 8 ore (10 mg/m ³)	1.34 mg/m ³	1.34 mg/m ³	0.0%
Benzene	Media annuale (5 µg/m ³)	0.90 µg/m ³	0.91 µg/m ³	1.1%

Concentrazione media annua di NO₂ - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = 39.60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Concentrazione media annua di NO₂ - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = 37.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

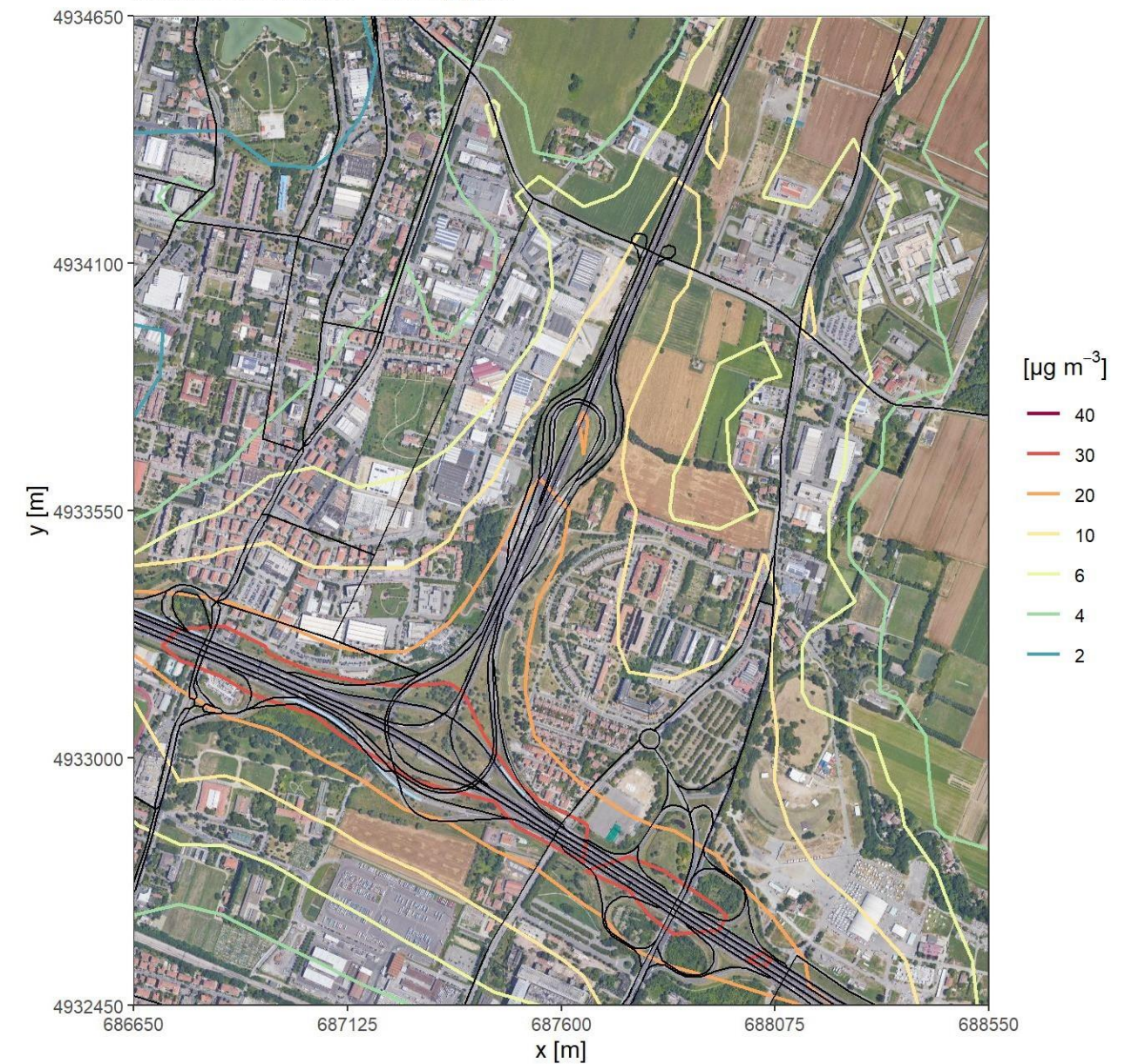
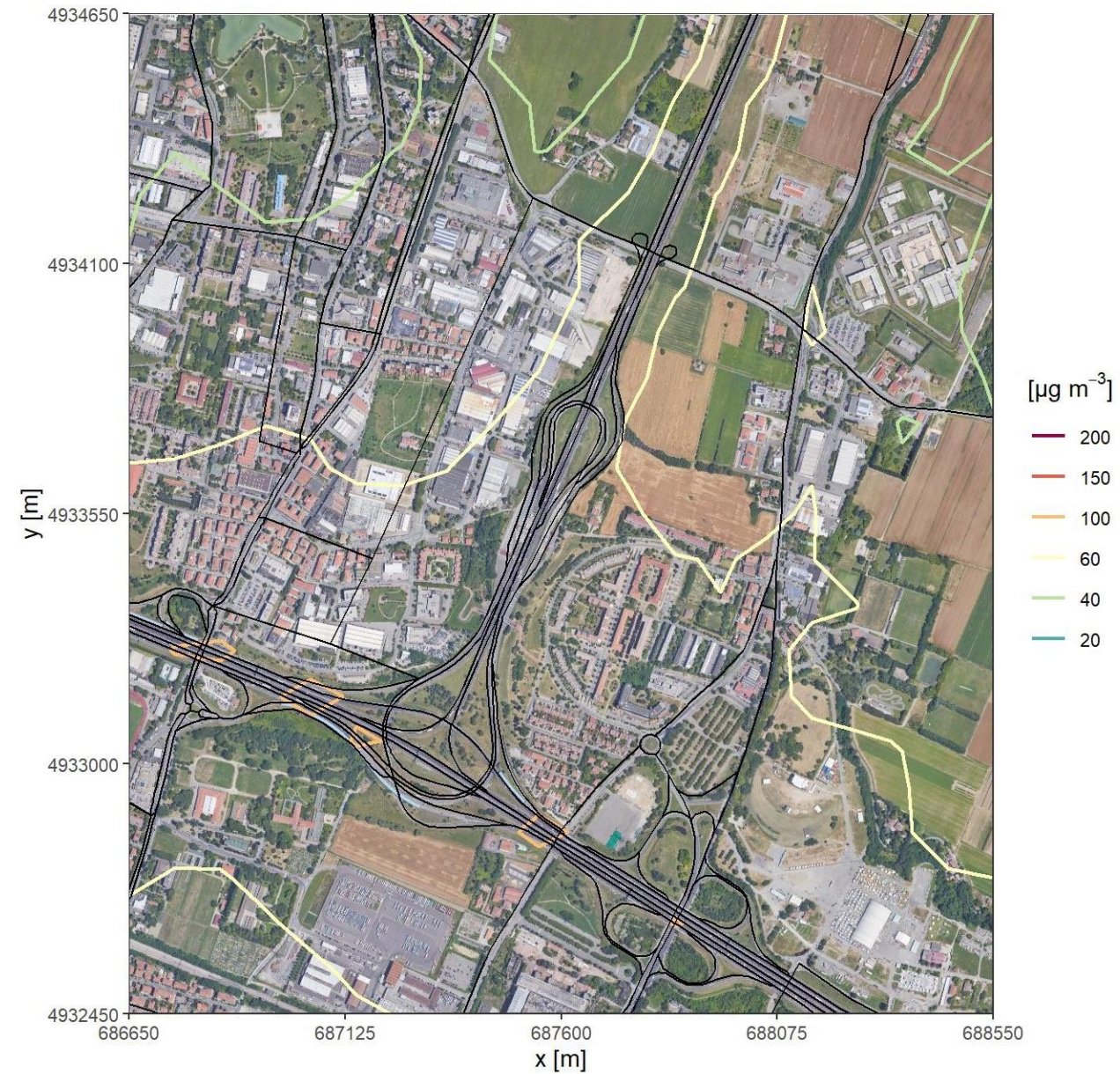


Figura 3-38: Concentrazioni media annuali al suolo di NO₂ calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di NO₂ - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = 114.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



99.8 percentile delle concentrazioni medie orarie di NO₂ - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = 106.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

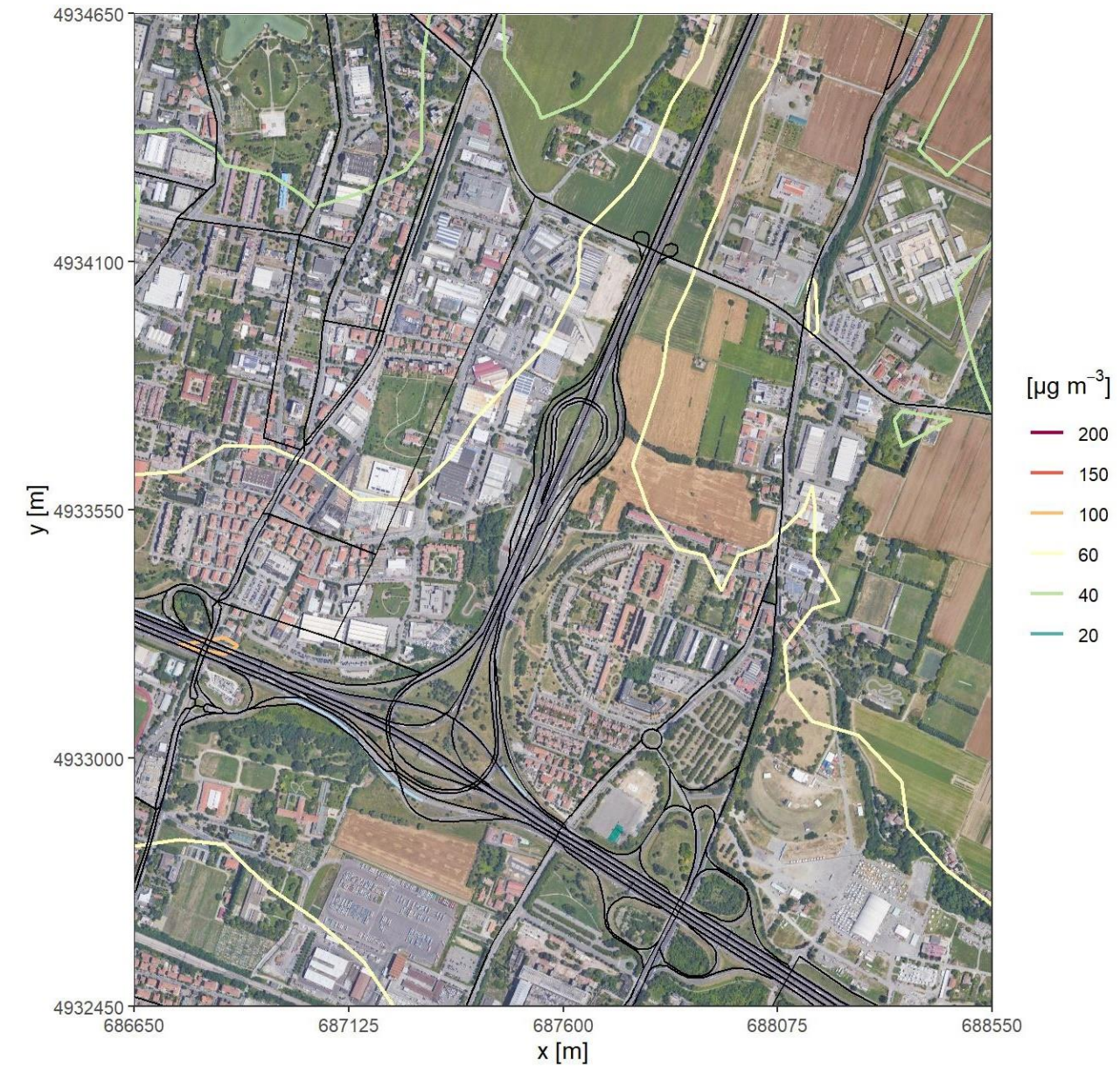
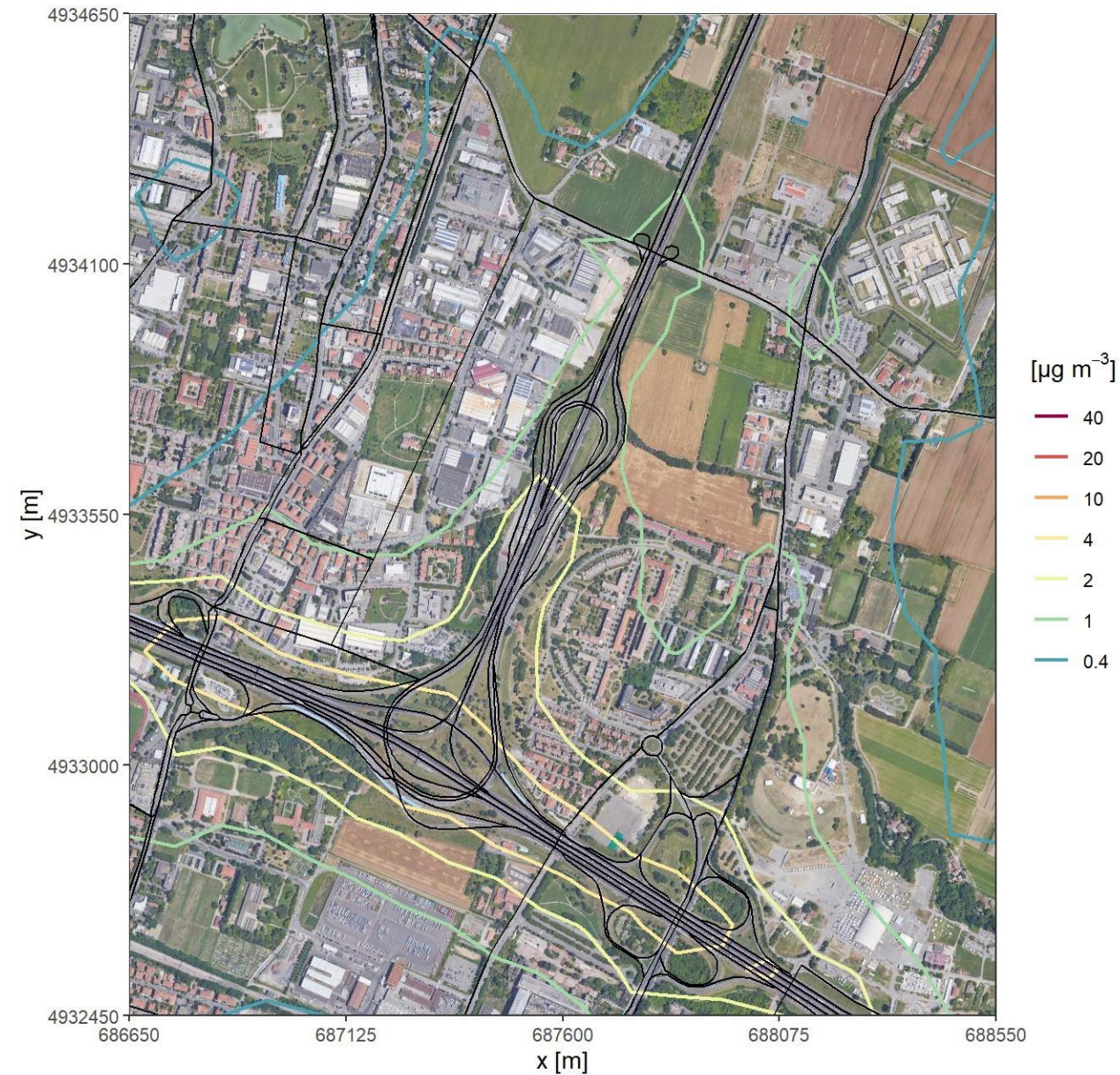


Figura 3-39: Percentili annuali 99.8 delle concentrazioni medie orarie al suolo di NO₂ calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

Concentrazione media annua di PM10 - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = $6.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Concentrazione media annua di PM10 - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = $6.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$

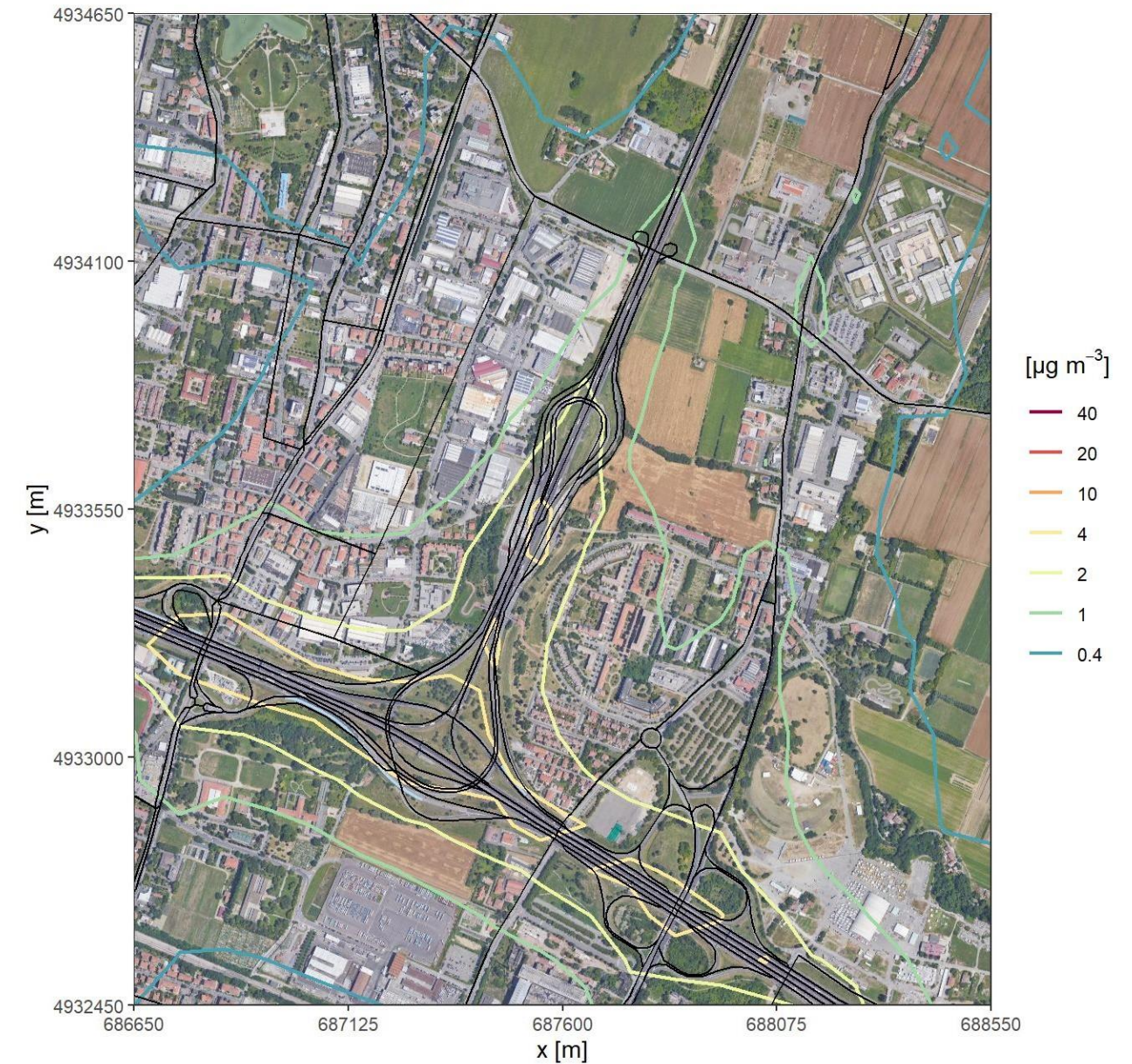
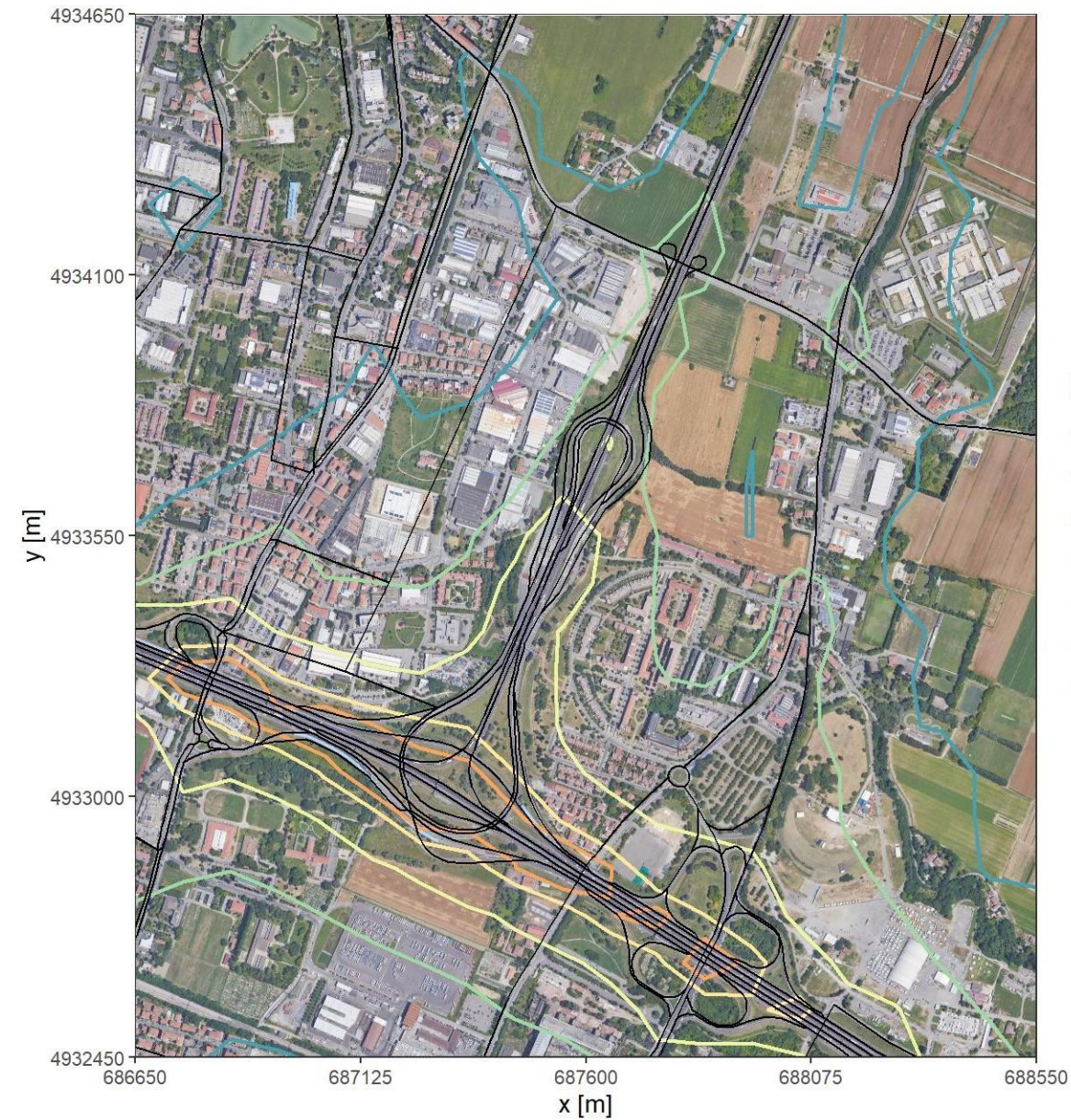


Figura 3-40: Concentrazioni medie annuali al suolo di PM10 calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

90.4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 - Scenario programmn

Massimo nel dominio = $13.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$



90.4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = $13.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$

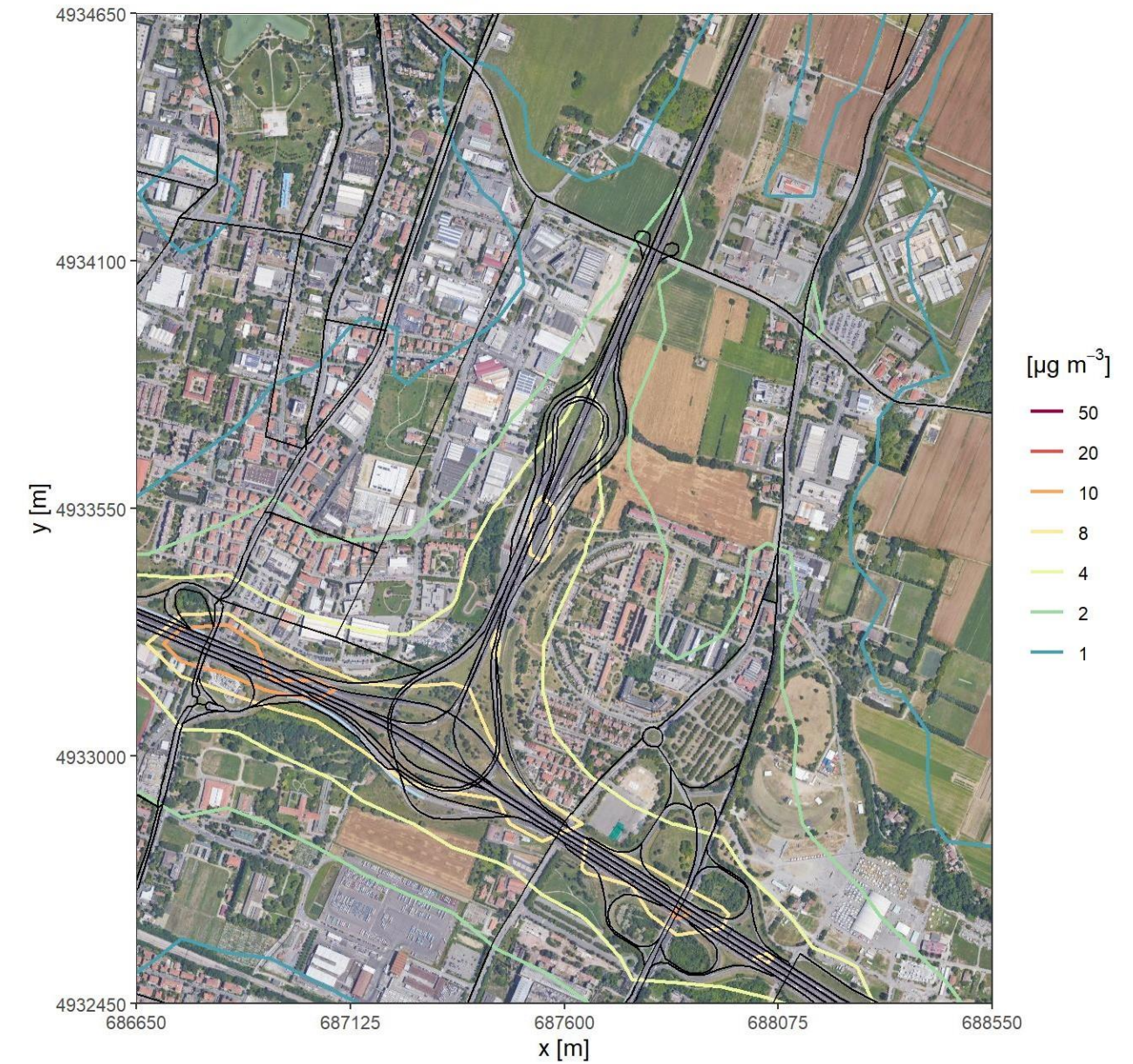
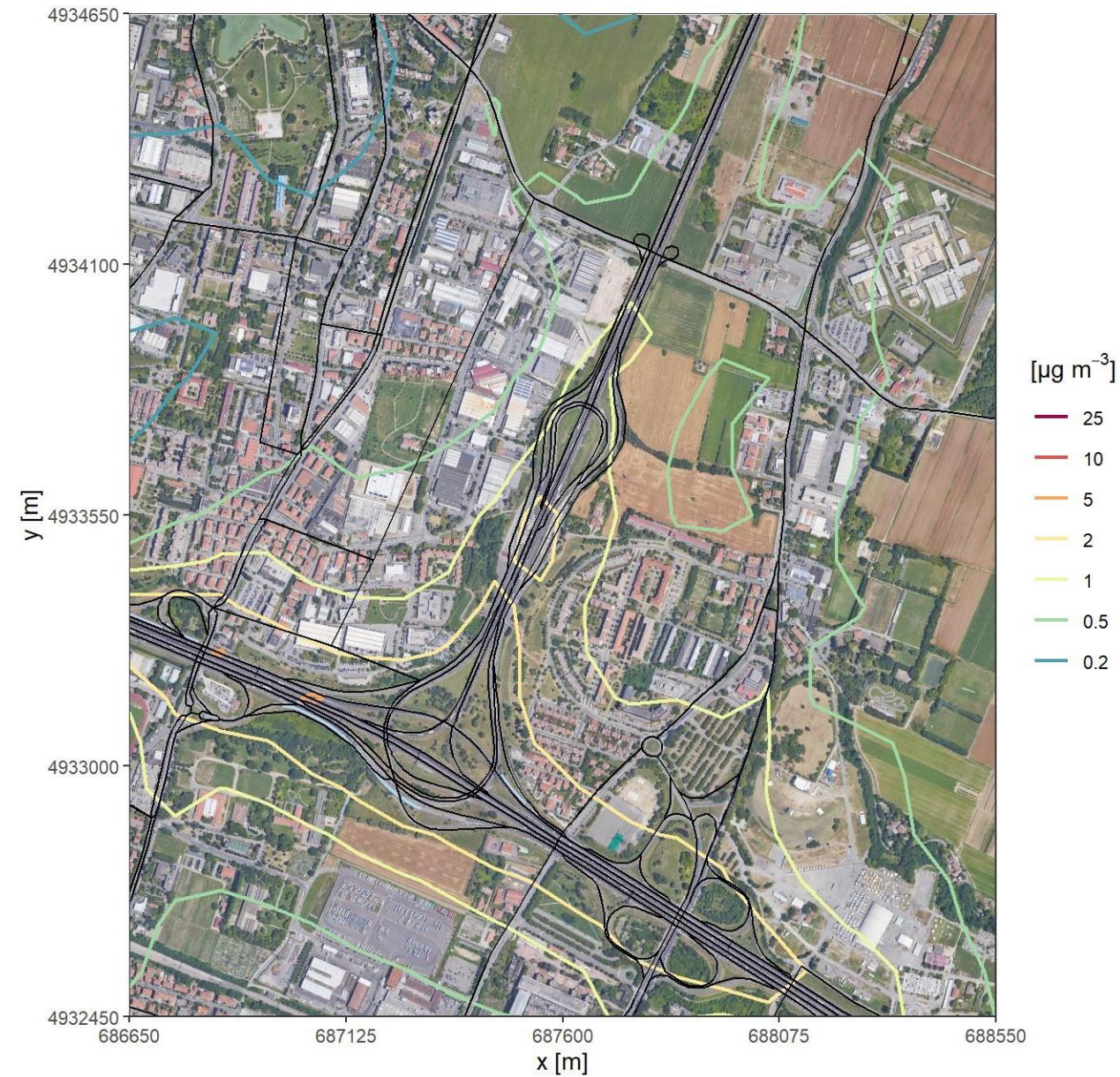


Figura 3-41: Percentili annuali 90.4 delle concentrazioni medie giornaliere al suolo di PM10 calcolate con SPRAY. Sini-
stra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

Concentrazione media annua di PM2.5 - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = $5.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Concentrazione media annua di PM2.5 - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = $5.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

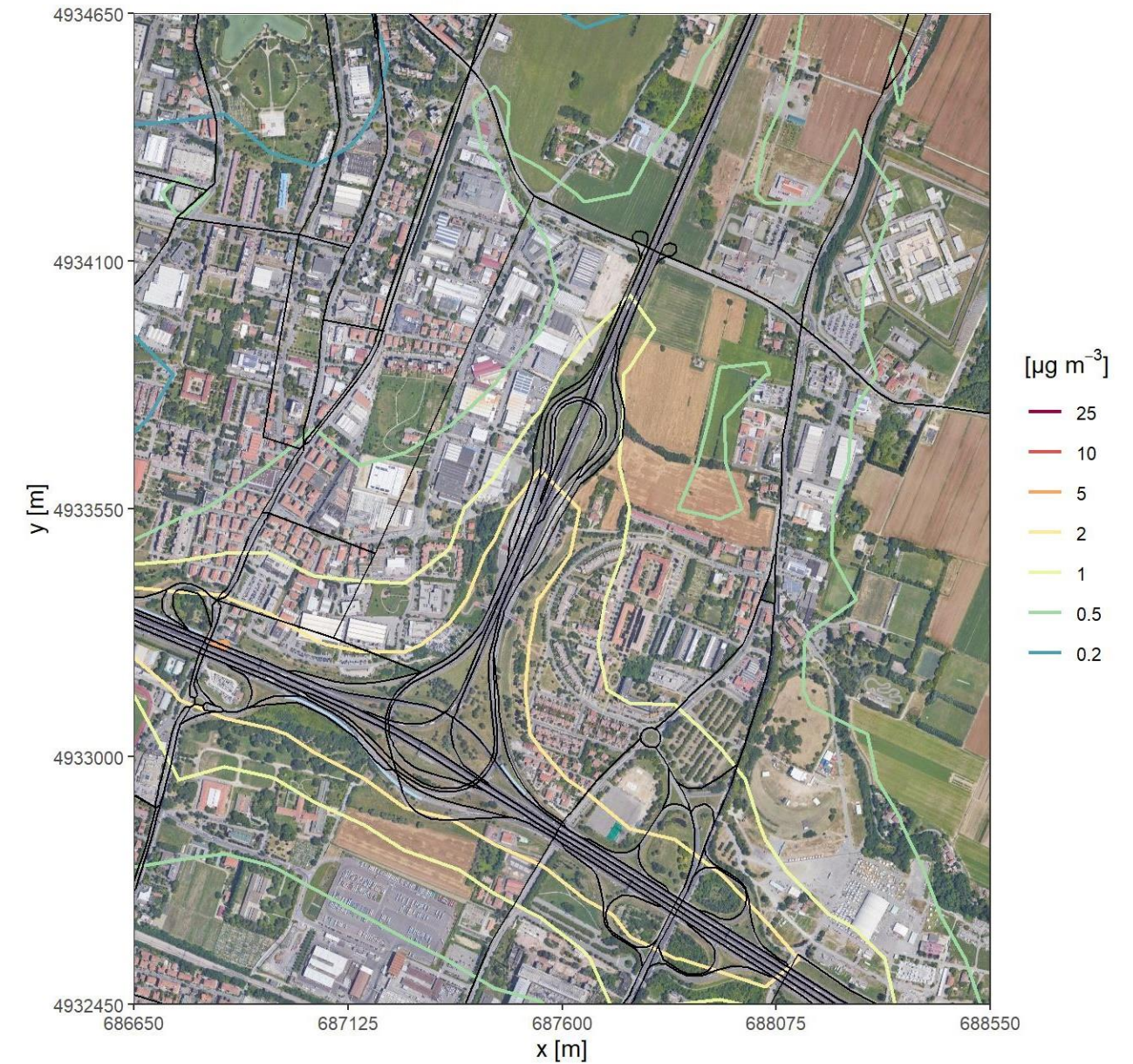
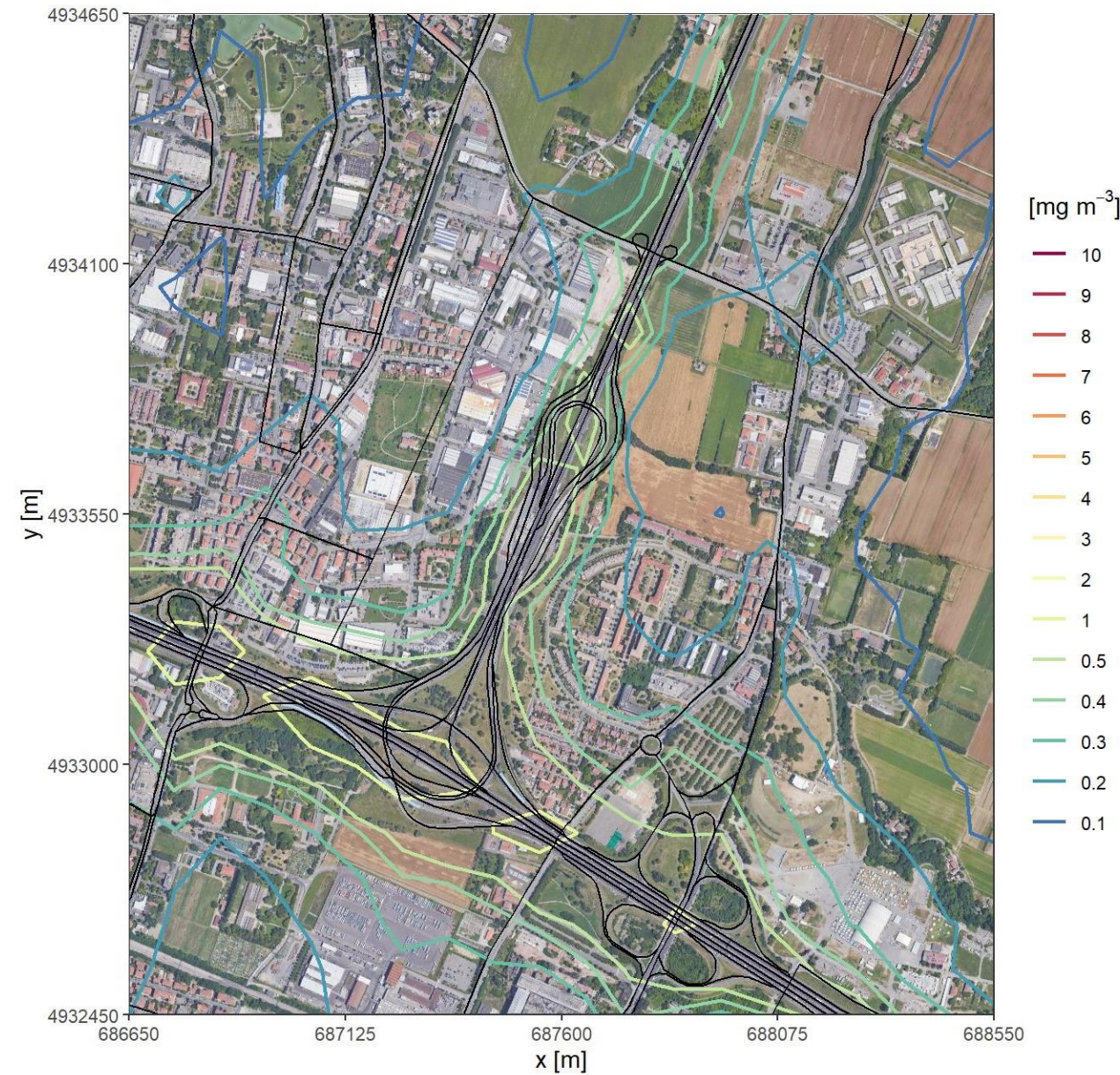


Figura 3-42: Concentrazioni medie annuali al suolo di PM2.5 calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

CO, Massimo della media mobile su 8 ore - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = 1.34 mg/m³



CO, Massimo della media mobile su 8 ore - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = 1.34 mg/m³

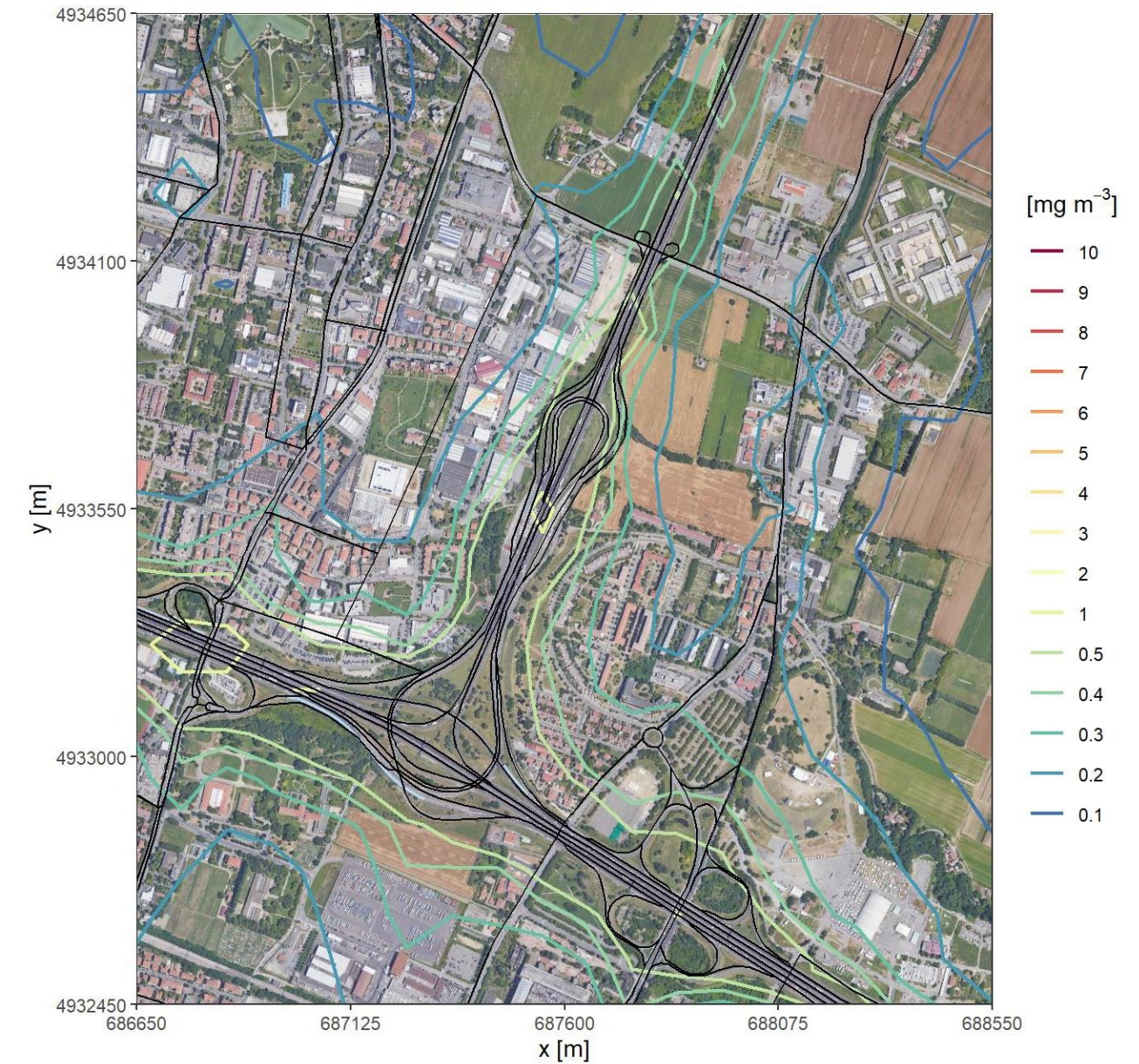
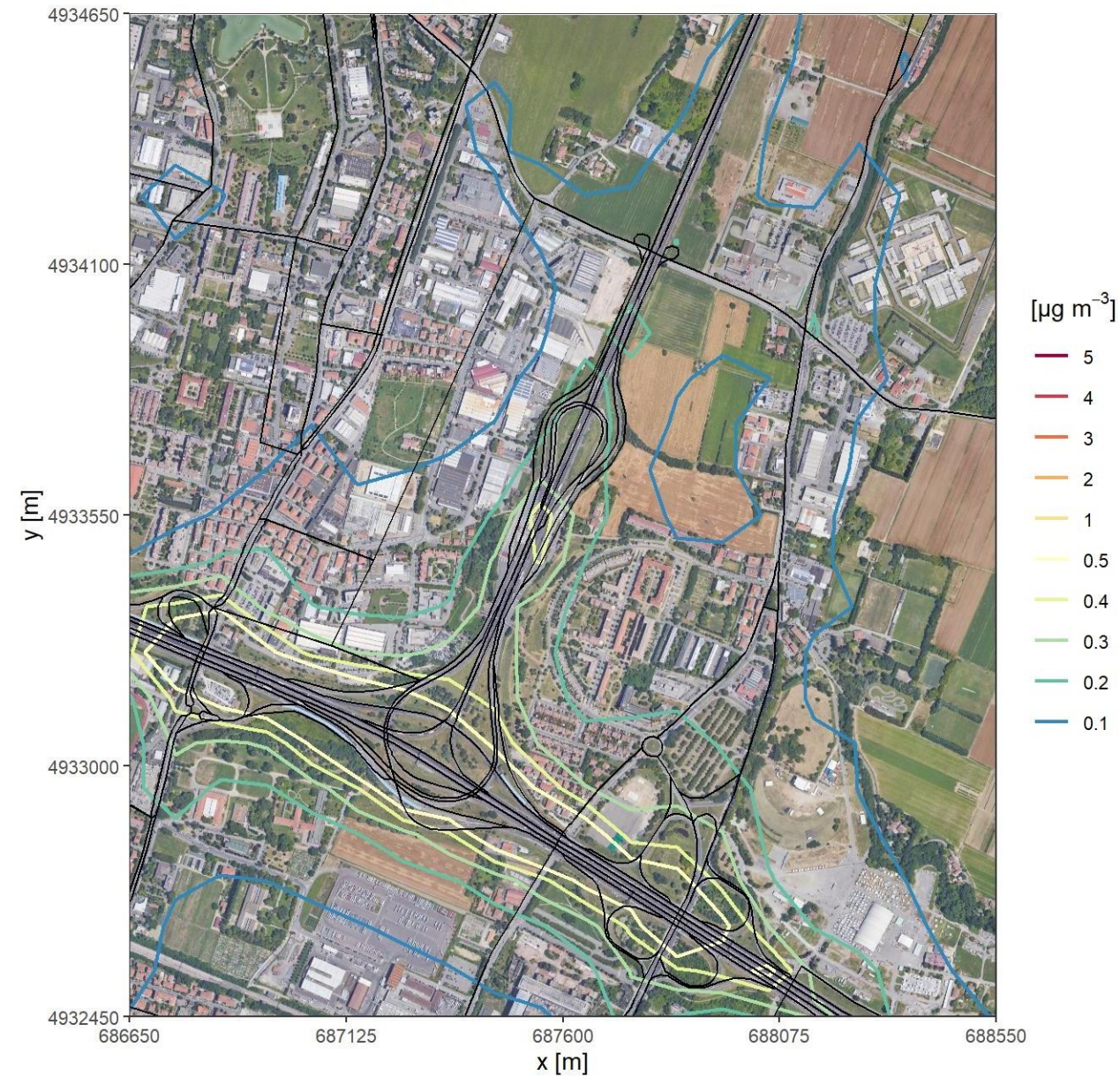


Figura 3-43: Concentrazioni massime annuali delle medie mobili su 8 ore di CO calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico – Destra: scenario progettuale

Concentrazione media annua di Benzene - Scenario programmatico

Massimo nel dominio = $0.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Concentrazione media annua di Benzene - Scenario progettuale

Massimo nel dominio = $0.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$

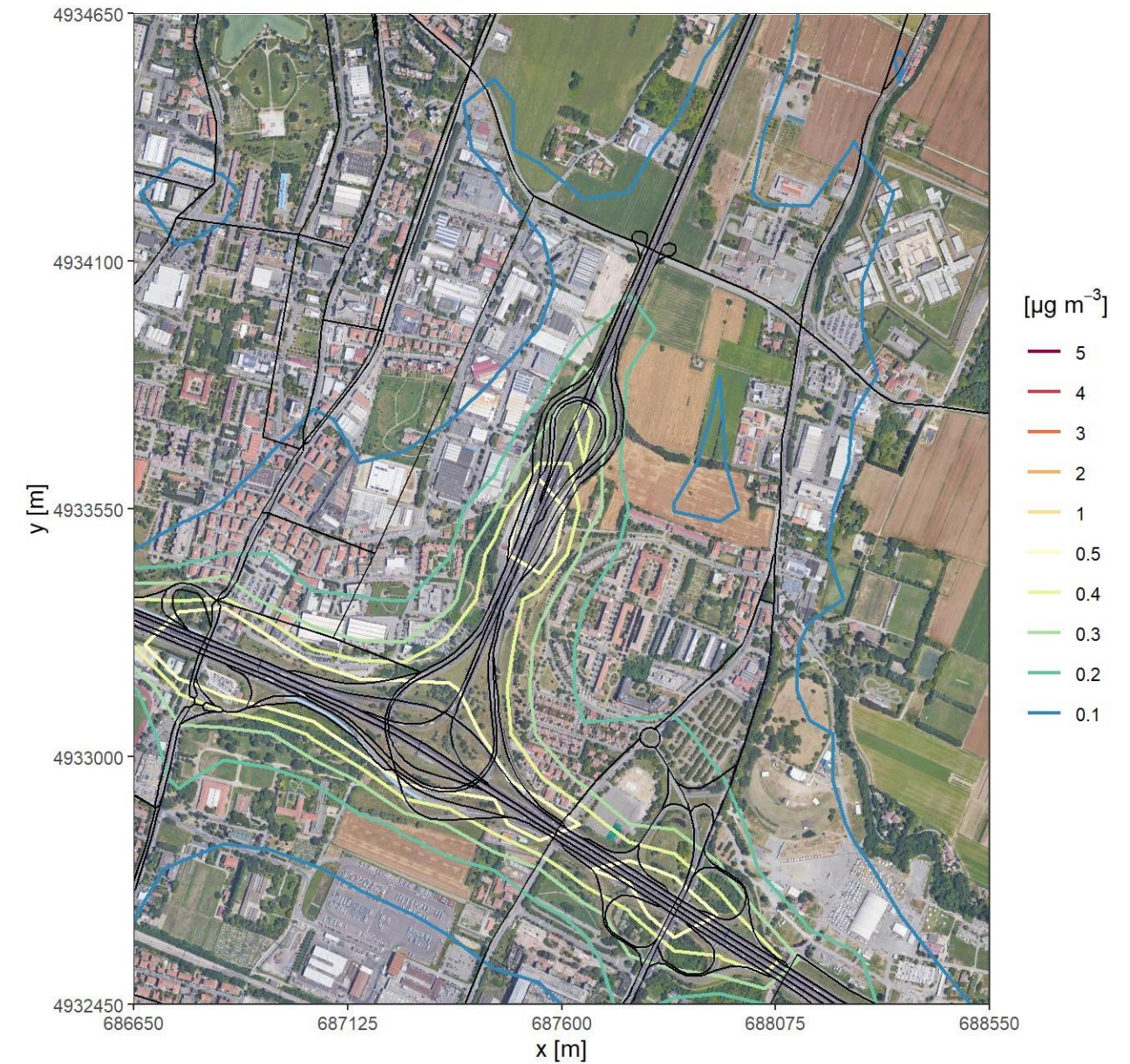


Figura 3-44: Concentrazioni medie annuali al suolo di Benzene calcolate con SPRAY. Sinistra: scenario programmatico
– Destra: scenario progettuale

La valutazione relativa all'intervento oggetto del presente SIA, in relazione all'effetto cumulativo con le realtà attuali e in generale dalla somma di tutti gli interventi previsti, tiene conto di eventuali criticità ambientali esistenti, in particolare in relazione all'uso di risorse naturali e/o aree di particolare sensibilità ambientale che potrebbero subire particolari effetti derivanti dal progetto. In generale, in tema di riqualificazione ambientale il progetto prevede un articolato inserimento dell'infrastruttura nel contesto ambientale urbano, mediante interventi di opere a verde, riforestazione dove necessario e soprattutto riduzione del consumo di suolo, determinando un complessivo impatto positivo da parte del progetto sul clima in termini di emissioni di gas serra. In particolare, la maggior capacità trasportistica dell'opera consentirà la fluidificazione del traffico, la stabilizzazione della velocità di marcia e la conseguente riduzione degli accodamenti e degli "stop and go". La fluidificazione del traffico, insieme alla riduzione delle emissioni dovuta al miglioramento tecnologico del parco auto circolante, porterebbe secondo il proponente a un consistente miglioramento della qualità dell'aria, anche in presenza di un incremento dei livelli di traffico.

3.5.6 Sistema paesaggistico ovvero Paesaggio, Patrimonio culturale e Beni materiali

3.5.6.1 Fase di cantiere

Gli impatti per la componente ambientale in esame, nella fase di cantiere, sono identificabili in termini di occupazione del territorio da parte del cantiere e delle opere ad esso funzionali (uffici, baracche, aree di deposito, ecc.), con conseguenti effetti sull'integrità fisica del paesaggio (intrusione visuale a carico del territorio interessato).

Per intrusione visuale si intende l'impatto generato dalla cantierizzazione dell'opera sulle valenze estetiche del paesaggio ed è definibile principalmente in termini soggettivi.

La valutazione del livello di intrusione visuale deve comunque far riferimento ad una analisi paesaggistica del territorio che ne evidenzia gli elementi di sensibilità in modo il più possibile oggettivo (beni storici-archeologici, monumenti naturali, boschi, panorami caratterizzati da particolare amenità, ecc.), descrivendo i probabili effetti dovuti alla realizzazione dell'opera in progetto.

Secondo quanto già descritto nella pianificazione territoriale e urbanistica, parte del tracciato ricade nella "Zona di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei" (art. 28 delle NTA del PTPR).

Si evidenzia altresì che la localizzazione delle aree di cantiere è esterna a tale perimetrazione e, anche se l'impatto può essere considerato negativo in quanto la realizzazione di queste aree comporta un'alterazione dell'integrità fisica del paesaggio locale per l'inserimento di elementi di disturbo, l'impatto è da considerarsi a breve termine, in quanto gli effetti negativi conseguenti alla cantierizzazione dell'opera sono riscontrabili immediatamente ed è reversibile perché, al termine della fase di cantiere, le baracche, le aree di deposito e tutte le strutture funzionali alla realizzazione degli interventi di progetto saranno rimosse.

Come già indicato al par. 1.4, si ricorda che si rende comunque necessaria la redazione della relazione paesaggistica ai sensi dell'articolo 146, comma 4, del Decreto Legislativo 42/2004 e s.m.i., in quanto il tracciato interessa Aree di rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell'art.142 c. 1 lett. a), b), c) del Codice.

In merito all'analisi delle interferenze e degli impatti dell'opera sul paesaggio, relativamente alla compatibilità paesaggistica in fase di cantiere, si sottolinea come potenziali effetti a seguito delle attività di cantiere sul paesaggio sono connessi per lo più alla presenza dei mezzi d'opera e alle relative segnalazioni di sicurezza.

Tali effetti, tuttavia, saranno temporanei e reversibili, nonché di breve durata. Non si segnala in fase di cantiere alcuna modifica all'assetto morfologico e geologico dell'ambito paesaggistico di riferimento, né alcuna modificazione allo skyline naturale e antropico o compromissione di ambiti di forte valenza naturalistica o storico-culturale.

In conclusione, gli effetti della realizzazione dell'opera in fase di cantiere risultano poco significativi, in quanto non configurano una compromissione permanente e critica dell'ambito paesaggistico di riferimento progettuale, quindi reversibili, temporanei e a breve termine.

L'analisi archeologica si è occupata di esaminare l'area interessata prendendo in considerazione i seguenti dati:

- bibliografici; archivistici (conservati presso la Soprintendenza per i Beni Archeologici territorialmente competente), piani urbanistici (PSC dei comuni interessati dal progetto e dal PTCP della Provincia di Bologna); vincoli archeologici;
- geomorfologia del territorio, quale indicatore della presenza di possibili insediamenti antichi;
- l'ambiente antropico antico: valutazione delle modalità di popolamento specificatamente all'area interessata dai lavori;
- analisi dei dati concernenti le indagini geognostiche.

L'analisi, non ha riguardato solo l'area di progetto ma è stata estesa anche alle zone immediatamente limitrofe calcolando un buffer territoriale di almeno 500 m, in modo tale da avere un quadro più esaustivo possibile della conoscenza del territorio.

il potenziale archeologico può essere così classificato:

- Via Aposazza "RP001": Trattandosi di un adeguamento con ampliamento minimo e scavi poco profondi su rilevato stradale, in un'area abbastanza urbanizzata, mancando dati ed attestazioni archeologiche certe (se non l'ipotetica griglia centuriale), il potenziale può essere definito basso (Potenziale n. 3, Rischio basso).
- Svincolo Aposazza – Rampe Indirette "RS001" e "RS002": Nel tratto iniziale, in corrispondenza di via Aposazza, si tratta di una costruzione ex novo, con occupazione di suolo vergine e non depauperato in termini di eventuale conservazione del bene archeologico, sebbene realizzata con scavi poco profondi (max 1,20 m) e mancando dati ed attestazioni archeologiche certe, il potenziale può essere definito come indiziato da dati topografici o da osservazioni remote. La stessa valutazione è per le aree di cantiere annesse (ADS01 e ADS02). Il rimanente tratto è un ampliamento dell'esistente, per cui il potenziale può essere definito basso (Potenziale n. 3, Rischio basso).
- Svincolo Aposazza – Rampe Dirette "RS003" e "RS004": Trattandosi di un adeguamento con ampliamento minimo e scavi poco profondi (max 0,50 m), in un'area abbastanza urbanizzata, mancando dati ed attestazioni archeologiche certe, il potenziale può essere definito basso (Potenziale n. 3, Rischio basso).
- Svincolo Aposazza -Rampa Diretta "RS005": Si tratta di una costruzione ex novo, con occupazione di suolo vergine e non depauperato in termini di eventuale conservazione del bene archeologico, sebbene realizzata con scavi poco profondi (circa 1,00 m) e mancando dati ed attestazioni archeologiche certe, il potenziale può essere definito come indiziato da dati topografici o da osservazioni remote, pertanto può essere presente o anche assente il rinvenimento materiale (Potenziale n. 6, Rischio medio). La stessa valutazione è per l'area di cantiere annessa (CB001).
- Svincolo Aposazza -Rampa Diretta "RS006": Si tratta di una costruzione ex novo, che seppur preveda scavi mediamente profondi (max 2,00 m) occupa un'area già urbanizzata, con occupazione di terreno quasi interamente occupato da precedenti lavori e mancando dati ed attestazioni archeologiche certe, il potenziale può essere definito basso (Potenziale n. 3, Rischio basso).
- Piazzale Esazione Arcoveggio: le lavorazioni: insistono sull'area già occupata dal piazzale esistente, e di conseguenza gli scavi intaccheranno terreno quasi completamente di riporto o comunque intaccato dai precedenti lavori di realizzazione dell'opera. il grado di potenziale archeologico è indicato come improbabile ((Potenziale n. 1, Rischio inesistente)
- Vasca di laminazione: costruzione ex novo, con occupazione di suolo vergine e non depauperato in termini di eventuale conservazione del bene archeologico, con scavi mediamente profondi e mancando dati ed attestazioni archeologiche certe, può essere presente o anche assente il rinvenimento materiale (Potenziale n. 6, Rischio medio)

Per tutte le altre lavorazioni, senza operare alcuna ulteriore distinzione, il potenziale può essere definito basso

In base alle informazioni attualmente disponibili l'opera esprime un basso rischio archeologico; per effettuare valutazioni più precise è comunque consigliata l'esecuzione di ricognizioni di superficie lungo il tracciato in progetto e la redazione di una relazione archeologica specifica.

3.5.6.2 Fase di esercizio

Al fine di determinare l'impatto su questa componente nella fase di esercizio, è importante fare la distinzione tra impatto visivo dovuto a ostruzione visuale e impatto visivo dovuto a intrusione visuale (Zambrini, 1991).

L'ostruzione visuale comporta una riduzione del campo visivo dell'ambiente a causa dell'infrastruttura considerata da parte dei recettori, che sono case sparse e gruppi di abitazioni presenti in prossimità della stessa o nell'intorno. Questo tipo di impatto si valuta in maniera del tutto oggettiva con un'analisi condotta in maniera dettagliata sull'ostruzione del campo visivo dalla nuova infrastruttura realizzata.

Un metodo empirico per la determinazione della fascia entro la quale si verificano sensibili fenomeni di ostruzione visuale in relazione all'altezza del rilevato stradale è riportato nella tabella che segue (fonte: English Department of Transport, 1983).

Tabella 3-28. Determinazione del livello di ostruzione visuale in relazione all'altezza del rilevato stradale (m) e alla distanza dell'osservatore (m). Fonte: English Department of Transport.

Altezza del rilevato stradale (m)	Distanza dell'osservatore dalla base del rilevato (m)			
	Ostruzione elevata	Ostruzione media	Ostruzione ridotta	Ostruzione nulla
0	0-15	15-45	45-85	>85
1	0-20	20-60	60-110	>110
2	0-25	25-70	70-130	>130
3	0-25	25-80	80-160	>160
4	0-30	30-95	95-190	>190
5	0-35	35-110	110-220	>220
6	0-40	40-125	125-250	>250
7	0-45	45-140	140-280	>280
8	0-50	50-150	150-300	>300
9	0-55	55-160	160-320	>320
10	0-60	60-170	170-350	>350
11	0-65	65-180	180-380	>380

In analogia a quanto riportato per la fase di cantiere, la relazione paesaggistica fornisce gli elementi per determinare la compatibilità paesaggistica dell'opera in fase di esercizio.

Pertanto, considerando i contenuti e i parametri individuati dal DPCM 12.12.2005, in fase di esercizio è possibile definire i seguenti tipi di alterazione del sistema paesaggistico.

Intrusione

L'inserimento di nuove opere d'arte come ad es. l'installazione delle barriere antirumore comporta l'introduzione di nuovi elementi sul paesaggio.

La scelta architettonica e materico-cromatica, inoltre, è stata orientata verso materiali richiamanti cromie dell'ambito paesaggistico di riferimento e verso la configurazione di elementi dalle caratteristiche stilistiche semplici e leggere, ai fini di facilitarne il corretto inserimento nel contesto paesaggistico di riferimento.

Tutti gli altri elementi costitutivi degli interventi andranno ad inserirsi in un contesto già paesaggisticamente compromesso e infrastrutturato e dunque, pur essendo nuovi, dal punto di vista percettivo non risulteranno come oggetti estranei e incongrui rispetto ai caratteri paesaggistici (antropici e insediativi) d'ambito.

Suddivisione e Frammentazione

Nel complesso la maggior parte degli interventi non andranno a produrre effetti visivi sulla frammentazione o suddivisione dei paesaggi

Riduzione ed Eliminazione degli Elementi Strutturanti di Paesaggio

Gli interventi in esame non produrranno effetti significativi dal punto di vista della riduzione e/o eliminazione di elementi strutturanti il paesaggio.

Concentrazione

Il progetto non produce alcun effetto dal punto di vista della concentrazione poiché si tratta di opere legate al tracciato stradale preesistente, per-tanto, nel complesso si sviluppano linearmente.

Interruzione di Processi Ecologici e Ambientali

Le opere interessate dalla prosecuzione della tangenziale di Bologna e dell'autostrada A13 non producono alcun effetto di interruzione di processi ecologici ed ambientali poiché si interviene in un contesto attualmente infrastrutturato.

Destutturazione e Deconnotazione

Gli interventi in esame non produrranno alcun effetto dal punto di vista della destrutturazione e deconnotazione del contesto paesaggistico di riferimento, in quanto non modificheranno la struttura del sistema paesaggistico ormai consolidato con la presenza della A13.

3.5.7 Rumore

3.5.7.1 Fase di cantiere

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti acustici nella fase di cantiere si rimanda alla trattazione completa all'elaborato 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0010-0 Relazione di impatto acustico di cantiere, allegato alla documentazione di progetto, che costituisce la valutazione previsionale degli impatti acustici relativi alla fase di cantierizzazione nell'ambito del progetto definitivo relativo agli interventi di completamento delle Complanari A13. In particolare sono stati affrontati in modo sistematico il tema del rumore prodotto dai cantieri,

Sono state considerate nel dettaglio:

le localizzazioni e le configurazioni delle aree di cantiere,

la configurazione morfologica dei luoghi nello stato attuale e nella fase di cantiere,

la presenza di ricettori potenzialmente disturbati,

le sorgenti di rumore che si prevede siano presenti e operative nelle diverse situazioni di cantiere e le relative emissioni acustiche (singole per macchinario e complessive per area di cantiere),

gli accorgimenti e le misure di mitigazione che si prevede siano applicate, tramite specifiche disposizioni che saranno impartite alle imprese.

La prima attività sviluppata per effettuare la valutazione degli impatti determinati dalle attività di cantiere relativamente alla componente rumore ha riguardato l'individuazione dei livelli di potenza sonora caratteristici dei macchinari impiegati. I cantieri principali sono stati equiparati a dei veri e propri insediamenti produttivi/industriali in considerazione della durata del loro esercizio e delle attività sostanzialmente di routine che vi si svolgono. Si precisa che per le attività di cantiere è stata ipotizzata una durata di 10 ore al giorno; inoltre la scelta sulla tipologia di lavorazione è ricaduta sulle lavorazioni potenzialmente più rumorose.

E' stato valutato l'impatto acustico relativo alla fase di realizzazione dell'opera caratterizzata dalla presenza di cantieri fissi ed alle fasi di lavorazione maggiormente significative date dai cantieri mobili. Di seguito si riportano i cantieri simulati:

Cantieri fissi: lo studio valuta la presenza di contestuale di Cantiere Operativo, Campo Base, Campo Travi e Area di Deposito temporaneo del materiale di scotico.

Cantieri mobili: lo studio valuta gli impatti acustici determinati dalle attività di:

- Scavi e demolizioni;

- Realizzazione di rilevati

Poiché i cantieri fissi verranno ubicati in posizioni adiacenti alla viabilità attuale, la movimentazione di tutti i materiali avverrà principalmente tramite le strade esistenti e l'accesso alle aree di lavoro verrà realizzato tramite opportuni varchi.

Nel seguito si riporta una sintesi delle risultanze emerse.

Le simulazioni effettuate per l'area di cantiere fissa hanno evidenziato la presenza di alcuni esuberi dei limiti vigenti. Nello specifico i ricettori più prossimi alle aree di cantiere sono risultati rispettosi sia dei limiti di emissione, sia dei limiti di immissione. Si registra un solo esubero dei limiti di immissione per l'edificio scolastico (edificio n.1862) posto a distanza più elevata (circa 300m) e ricadente in classe acustica I. Tale superamento non è imputabile alle attività di cantiere che determinano, rispetto al rumore di fondo (Livello statistico L90 riferito ai risultati della postazione di misura PS05 e pari a 58,8 dBA), un contributo acustico del tutto trascurabile. Inoltre, il rumore di fondo risulta essere di fatto già superiore al limite di classe dell'area.

La verifica della compatibilità degli impatti dati dai cantieri mobili è stata effettuata in due sezioni critiche per la Fase realizzazione rilevati e la Fase scavi e demolizione.

Per un'analisi maggiormente approfondita della componente, si rimanda all'elaborato Relazione di impatto acustico in fase di cantiere esercizio 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0010

3.5.7.2 Fase di esercizio

In fase di esercizio, in generale si rimanda alle analisi condotte nell'ambito degli elaborati afferenti all'Acustica, quali la relazione di impatto acustico in fase di esercizio 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0001 ed i relativi allegati PAC0002, PAC0003, , PAC0005, PAC0006, PAC0007,. In sintesi, per la simulazione del rumore generato dal traffico stradale è stato utilizzato il modello previsionale Soundplan versione 8.0. Il modello messo a punto tiene in considerazione le caratteristiche geometriche e morfologiche del territorio e dell'edificato presente nell'area di studio, la tipologia delle superfici e della pavimentazione stradale, i traffici ed i relativi livelli sonori indotti, la presenza di schermi naturali alla propagazione del rumore, quale ad esempio lo stesso corpo stradale.

I flussi di traffico utilizzati nel modello Soundplan derivano dallo studio di traffico di progetto, relativo all'anno 2040 che ha consentito di individuare, tratto per tratto, i TGM suddivisi per categorie di veicoli leggeri e pesanti.

I punti di monitoraggio sono stati scelti in maniera tale da consentire un rilievo del rumore generato dalle infrastrutture viarie che maggiormente interessano l'area di studio (A13 e Via Aposazza).

Sono stati simulati successivamente i seguenti scenari:

- Scenario attuale: in cui sono state simulate solo le sorgenti stradali già esistenti con i flussi veicolari derivanti dallo studio del traffico per lo scenario di stato attuale (anno 2016) e con la morfologia e le opere di mitigazione attualmente presenti sul territorio. I risultati modellistici mostrano già allo stato attuale degli esuberi dei limiti di legge ed evidenziano alcuni valori notturni superiori a 55 dB soprattutto per i ricettori ubicati lungo i tratti delle infrastrutture esistenti.
- Scenario post operam: Le previsioni degli impatti acustici a fronte del progetto sono state effettuate considerando il contributo proveniente dal traffico in transito sul tratto oggetto di valutazione e sui tratti delle principali infrastrutture che lo affiancano (A13, sistema Tangenziale Bologna, A14 e relative rampe). Sono stati simulati gli scenari con e senza mitigazioni. Relativamente ai suddetti interventi in progetto, si evidenzia che per alcuni ricettori le simulazioni hanno mostrato superamenti dei limiti vigenti, come peraltro già avviene nello stato attuale.

In conclusione per quanto riguarda la realizzazione delle opere oggetto di valutazione, si evidenzia che per alcuni ricettori le simulazioni hanno mostrato superamenti dei limiti esterni vigenti, come peraltro già avviene nello stato attuale.

3.5.8 Vibrazioni

Gli impatti saranno valutati mediante confronto sia dei valori limite previsti dalla normativa che di quelli misurati nello stato attuale con i valori misurati in precedenti campagne di misura presso tratte autostradali esistenti e confrontabili (in termini di tipologia di terreno e intensità di traffico) con quello in esame.

Si può concludere che le vibrazioni non rappresentano un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame e nello specifico per il tratto in esame. Le misure pregresse svolte presso autostrade e altre opere simili caratterizzate da un livello di traffico inferiore ma paragonabile a quello in oggetto, poste su suoli confrontabili a quello qui esaminato, hanno evidenziato l'assenza di intensità di vibrazioni di livelli di interesse. Inoltre, per l'infrastruttura in esame, i punti ad elevata sensibilità sono molto limitati. Sia lo stato attuale che futuro della componente non dipende quindi, in modo significativo, dalla presenza dell'opera in oggetto.

3.5.9 Inquinamento luminoso

3.5.9.1 Fase di cantiere

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti da inquinamento luminoso nella fase di cantiere si può valutare ininfluente il contributo, e comunque legato alla temporaneità dell'intervento.

3.5.9.2 Fase di esercizio

Gli effetti negativi correlati all'inquinamento luminoso del cielo notturno documentati in letteratura sono di vario tipo: culturale, artistico, scientifico, ecologico, psicologico ed economico. In questo paragrafo vengono riportate alcune considerazioni inerenti gli impatti rilevati sulla vegetazione desunte da specifici studi reperiti in letteratura, ai quali si rimanda per un approfondito esame dell'argomento.

Nello studio degli effetti dell'illuminazione prodotta dai lampioni stradali sulla vegetazione effettuato da Ramon (2001), l'autore parte dalla constatazione di come gli spettri di emissione delle principali lampade impiegate per l'illuminazione urbana (lampade ad incandescenza ed al quarzo - iodio), presentano ampie emissioni che interferiscono con le radiazioni assorbite dalle clorofille e dai fitocromi. Già nel 1983 alcuni studiosi evidenziarono che gli alberi dei viali cittadini che si trovavano in prossimità dei lampioni stradali avevano le chiome procombenti verso le sorgenti luminose in maniera vistosa. Proprio l'analisi degli spettri di emissione delle lampade, comparata con quella degli spettri di assorbimento delle clorofille a,b e dei fitocromi, unitamente alle osservazioni sul campo, dimostrarono che il tipo di lampade che maggiormente influiscono sulle piante sono quelle ad incandescenza ed al quarzo - iodio.

Alcuni studi condotti su piante di Magnolia grandiflora L. hanno evidenziato una diminuzione dell'efficienza fotosintetica delle foglie direttamente illuminate da una lampada ai vapori di mercurio. La conclusione dello studio è che la presenza di una sorgente luminosa in prossimità della pianta causa uno stress alle foglie che sono direttamente esposte alla luce, alterandone il normale processo fotosintetico.

Non è azzardato pensare che le sorgenti luminose possano essere responsabili di un microclima nelle foglie che sono a più diretto contatto con esse (aumento della temperatura, dell'umidità relativa ed estensione della luce diurna), tale da favorire il prolungamento del periodo vegetativo oltre il suo normale termine.

Nel caso in esame, gli interventi di illuminazione pubblica previsti dal progetto (cfr. elaborato 111326-0000-PD-AU-IMP-IM000-00000-R-OPT-00010 Relazione Generale tecnica descrittiva) sono conformi agli standard stabiliti dalla normativa vigente in materia e comunque del tipo a LED.

Sulla base di quanto indicato, si ritiene pertanto che gli impatti dell'illuminazione siano da ritenersi trascurabili o assenti.

4 MITIGAZIONI E COMPENSAZIONI

Sulla base delle analisi condotte relativamente ai potenziali impatti sui fattori ambientali, derivanti dalla realizzazione del progetto in studio, si evince che ad avere un peso maggiore siano quelli riconducibili alle operazioni che si svolgono durante la fase di cantierizzazione dell'opera pertanto reversibili, ma non sono comunque da trascurare gli impatti sulle componenti ambientali durante la fase di esercizio della stessa.

Nei paragrafi che seguono si riportano le misure di mitigazione individuate in fase di progetto definitivo, ovvero quelle misure collegate direttamente agli impatti e volte a minimizzarne gli effetti, le opere di ottimizzazione del progetto e le opere di compensazione, interventi non collegati strettamente con l'opera, che saranno intesi a ridurre al minimo o addirittura ad eliminare l'impatto negativo del progetto durante o dopo la sua realizzazione.

4.1 FATTORI AMBIENTALI

4.1.1 Popolazione e salute umana

In merito al fattore popolazione e salute umana gli impatti maggiormente connessi con la realizzazione dell'infrastruttura sono dovuti a:

- diffusione di polveri e inquinamento atmosferico;
- inquinamento acustico;

Gli impatti sulla popolazione e salute umana si verificano sia in fase di cantiere che nella fase di esercizio, pertanto le mitigazioni saranno affrontate per le due fasi cronologiche dell'opera cantierizzazione e post operam.

4.1.1.1 Fase di cantiere

La produzione e la diffusione di polveri nel corso delle lavorazioni in fase di cantiere potranno essere mitigate attuando le seguenti indicazioni:

- le principali attività lavorative devono essere condotte stando all'interno dei mezzi d'opera;
- i mezzi d'opera devono essere opportunamente cabinati e climatizzati;
- gli sportelli dei mezzi d'opera devono rimanere chiusi;
- obbligo d'utilizzo dei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) per i lavoratori impiegati nelle mansioni che comportano la produzione di polveri (maschere con filtri antipolvere di classe FFP2).

Per il trattamento e la movimentazione del materiale devono essere osservate le indicazioni riportate negli elaborati di progetto relativi agli aspetti ambientali per quanto riguarda la componente Rumore (Relazione di impatto acustico in fase di cantiere 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC-0010-0); per la componente Atmosfera, si rimanda ai contenuti della sezione afferente agli impatti per tale componente in fase di cantiere 3.5.5.1.

4.1.1.2 Fase di esercizio

Ad opera realizzata, gli effetti sulla salute pubblica delle sostanze emesse in atmosfera sono vari e diversificati a seconda dell'inquinante e, ovviamente, delle specifiche concentrazioni, inoltre tutto è correlato all'aspetto meteorologico della zona e all'andamento del traffico.

Dallo studio della componente atmosfera, emerge che per lo scenario progettuale sono ipotizzabili emissioni in linea con l'evoluzione recente.

L'ulteriore miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle tendenze attuali potrà avvenire per lo più in seguito al rinnovamento del parco circolante, eventualmente imposto o guidato da specifiche politiche.

Inoltre, la piantumazione di specie arboree, la cui tipologia è stata differenziata secondo la specifica funzione esercitata da ognuna di esse, contribuirà in modo significativo alla captazione e trattenuta degli inquinanti in forma gassosa (e di polveri). Difatti, la loro presenza riduce i movimenti di aria, favorendo la caduta a terra delle particelle inquinanti sospese e comporta, per mezzo di meccanismi fisico - chimici, l'immobilizzazione più o meno prolungata di metalli pesanti.

Per quanto invece concerne all'impatto dovuto all'inquinamento acustico per le emissioni sonore prodotte dal traffico sono state progettate barriere antirumore. La scelta sulle tipologie delle barriere antirumore per la riduzione dell'inquinamento acustico scaturisce da riflessioni inerenti innumerevoli aspetti, acustici innanzitutto, ma anche architettonico-strutturali e costruttivi, in funzione della tipologia di sezione stradale attraversata (rilevato e opera d'arte), da considerazioni di natura economica, dalla necessità di soddisfare un'articolata serie di requisiti non solo acustici ma anche meccanici, strutturali e di sicurezza.

La scelta delle barriere acustiche ha considerato anche valutazioni sul piano architettonico e sull'impatto ambientale (effetti visivi e percettivi dell'utente dell'infrastruttura e di chi ne sta al di fuori), in funzione dei contesti attraversati (urbani, extraurbani), in modo tale da conseguire risultati apprezzabili sulla qualità complessiva del sistema infrastrutturale e dell'ambiente.

L'installazione delle barriere acustiche nei punti del tracciato ritenuti più opportuni garantirà lo standard minimo di confort acustico previsto dalla normativa nelle abitazioni più vicine.

Per quanto all'ostruzione e all'intrusione visiva a scapito dei recettori più prossimi saranno utilizzate opere a verde che hanno l'obiettivo di inserire l'infrastruttura stradale e le opere ad essa collegate (ad. es. le barriere acustiche) nell'ambiente attraversato, di fornire un elemento utile contro l'inquinamento atmosferico da essa prodotto, di riqualificare gli ambiti marginali interessati dai lavori e di recuperare, dal punto di vista ambientale, le aree utilizzate nella fase di cantierizzazione.

Tali opere consistono in interventi vegetazionali, quali inerbimenti ed impianti di specie vegetali autoctone, queste ultime scelte in base alle fitocenosi potenziali e alle caratteristiche microclimatiche del sito, adottati con tipologie diversificate a seconda della funzione che l'intervento puntualmente deve svolgere, anche combinando più tipologie.

Nello specifico, le caratteristiche dimensionali, strutturali e di impianto delle tipologie a verde sopra elencate sono rappresentate in dettaglio nell'elaborato SUA 0101 "Abaco degli interventi vegetazionali", la loro distribuzione è rappresentata nelle SUA0102 Planimetria, SUA0103 Sezioni.

4.1.2 Biodiversità

In via generale gli interventi progettuali non comporteranno impatti significativi sugli elementi vegetazionali che caratterizzano l'intorno del tracciato stradale in esame. In generale però gli impatti si esplicano maggiormente in fase di cantiere. Gli approfondimenti in merito derivano dall'elaborato della Relazione Specialistica del censimento vegetazionale 111326-0000-PD-DG-AMB-VG000-00000-R-SUA-0001-0, cui poter far riferimento per i dettagli specifici.

In base ai rilievi eseguiti sono state riscontrate 2 porzioni di bosco, per una superficie complessiva di 5.001 m² e un numero complessivo di piante stimate con area di saggio pari a 320; si tratta di soprassuoli misti di latifoglie, perlopiù allo stato di neoformazione o di ceduo, di età e densità variabile, costituiti da *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba* e *Salix spp.*, secondariamente da *Quercus pubescens*, *Ulmus minor*, *Acer campestre*, *Platanus acerifolia*.

Per quanto riguarda le piante singole, isolate, si sono censite 18 esemplari. Infine, sono state censite 6 filari di alberi per uno sviluppo lineare complessivo di 434 metri ed un numero stimato di 157 piante.

Si precisa, infine, che a seguito dei risultati del censimento emerge la necessità di abbattere delle piante di platano e si evidenzia che queste non sono affette da cancro colorato determinato da *Ceratocystis fimbriata*, né ricadono all'interno delle aree focolaio delimitate dalla regione mediante Determinazione n. 20430 del 8 novembre 2019. In ragione della normativa nazionale (D.M. 29 febbraio 2012 e D.M. 6 luglio 2015) e regionale (Determinazione n. 20430 del 8 novembre 2019) in materia e, in particolare, ai sensi dell'art. 15, comma 6, del Regolamento del verde comunale, prima dell'abbattimento degli esemplari di platano "il proprietario o i soggetti formalmente delegati dovranno obbligatoriamente chiedere l'autorizzazione al Servizio Fitosanitario Regionale".

In base ai rilievi eseguiti in sede di censimento vegetazionale e alla consultazione del Regolamento del verde comunale è necessario procedere con la richiesta di autorizzazione al Comune di Bologna per l'abbattimento delle piante singole, delle piante in filare e per la trasformazione dei boschi.

4.1.2.1 Fase di cantiere

Nella fase di cantierizzazione si garantirà il più possibile la tutela degli esemplari arborei, singoli o in gruppi, che si trovano nelle immediate adiacenze del tracciato.

Le aree di cantiere e, in generale, le superfici interessate dai lavori per la realizzazione delle opere non da queste ultime fisicamente occupate in quanto ad esse destinate, saranno oggetto di interventi di recupero ambientale a verde avente funzione di riqualificazione e inserimento paesaggistico a verde. Le aree di cantiere precedentemente agricole saranno ripristinate ad uso agricolo, con inerbimento finale a medicaio.

Le aree occupate dai lavori saranno, quindi, oggetto di smantellamento degli apprestamenti/attrezzature/opere provvisori di cantiere, smaltimento di ogni eventuale rifiuto ai sensi delle norme vigenti in materia, oggetto di bonifica del materiale eventualmente ivi riportato per l'approntamento del cantiere, oggetto di ricostituzione della morfologia ante opera e di ripristino della regimazione delle acque, nonché oggetto di riporto del terreno vegetale, precedentemente accantonato e/o opportunamente approvvigionato qualora il precedente non fosse sufficiente, nello spessore finito (dopo riporto e costipamento) originario, il tutto nel rispetto degli elaborati progettuali di gestione delle terre e rocce, di cantierizzazione, nonché delle norme tecniche del Capitolato Speciale di Appalto (CSA) previste nelle fasi di progettazione esecutiva.

Dopo il riporto di terreno vegetale, si prevedono operazioni d'inerbimento a prato polifita (o a medicaio laddove sia previsto il ripristino ad uso agricolo) mediante idrosemina di un miscuglio di specie autoctone idoneo alle caratteristiche microclimatiche del sito e successivamente dell'impianto delle specie arboree e arbustive previste in progetto nella stagione di riposo vegetativo (fine ottobre – dicembre).

Per minimizzare i rischi e danneggiare il meno possibile la vegetazione di maggior valore naturalistico e ambientale, si dovranno mettere buoni comportamenti e strategie quali:

- se vi sono alberi in cantiere si procederà alla protezione del suolo, tronco e chioma: tali esemplari sono da proteggere con materiali idonei, il più in alto possibile per escludere ferite al tronco;
- in caso di necessità è anche da proteggere la chioma dell'albero;
- in prossimità delle radici dell'albero (ampiezza chioma) non si dovranno depositare materiali da costruzione, carburante, macchine da cantiere né si dovranno depositare materiali terrosi;
- eventuali lavori di livellamento del terreno nella zona della chioma sono da eseguire a mano; inoltre non sono permesse attività di costipamento, come ad es. la vibratura;
- nella zona della chioma deve essere limitato il lavoro con macchine; gli accessi di cantiere sono da coprire;
- in caso di ferite alle radici, ai rami o al tronco è necessario avvisare l'Ufficio Ambiente del Comune, che potrà dare disposizioni per effettuare le cure necessarie a regola d'arte.

Le misure di tutela degli elementi vegetazionali esistenti sopra descritte limiteranno anche gli impatti indotti dalla cantierizzazione dell'opera a carico della componente faunistica.

4.1.2.2 Fase di esercizio

Il progetto ha previsto, in termini di tutela e conservazione della biodiversità, delle opere e delle sistemazioni mitigative per flora e fauna. Circa la prima, si ottempererà alla ricomposizione del paesaggio attraverso elementi vegetazionali disposti e differenziati secondo la tessitura botanica e l'orografia esistente. In merito alla fauna, verranno garantiti corridoi di attraversamento e si provvederà a costruire delle fasce vegetate ai lati dell'asse principale.

Inoltre, in fase di esercizio, sono previsti lavori di manutenzione e di pratiche colturali, atte a garantire la piena efficienza degli impianti per un periodo non inferiore a 3 stagioni vegetative dall'ultimazione dei lavori, compresi anche degli oneri per la sostituzione delle eventuali fallanze, comunque nel rispetto di quanto stabilito nelle future Norme Tecniche di Appalto.

4.1.3 Suolo, uso del suolo e patrimonio agroalimentare

4.1.3.1 Fase di cantiere

Durante questa fase si realizza l'impermeabilizzazione dei suoli interessati dai tratti ex novo della viabilità, pertanto, si ha un consumo definitivo di suolo agricolo.

Inoltre, in prossimità delle aree di cantiere è previsto lo stoccaggio temporaneo di suoli che potranno essere reimpiegati nella realizzazione dell'opera.

Gli interventi vegetazionali, quali inerbimenti ed impianti di specie vegetali autoctone, queste ultime scelte in base alle fitocenosi potenziali e alle caratteristiche microclimatiche del sito, sono adottati con tipologie diversificate a seconda della funzione che l'intervento puntualmente deve svolgere, anche combinando più tipologie.

Per garantire la corretta gestione del suolo stoccato dovranno essere osservate le seguenti misure di mitigazione, finalizzate alla sua conservazione qualitativa e tessiturale:

Il suolo deve essere stoccato su superfici ove non vi siano altri materiali che si utilizzano nelle lavorazioni di cantiere, inoltre le dimensioni dei cumuli dovranno essere modeste (max 3 m) in modo da essere facilmente movimentati per garantire ossigenazione.

Bisognerà prestare particolare attenzione a non rimescolare gli strati superficiali ricchi di sostanze organiche e biologiche con gli strati più profondi; inoltre al termine dei movimenti terra, per un ottimale riutilizzo dei terreni stoccati nelle opere a verde, dovranno essere effettuate tutte le lavorazioni superficiali atte a recuperare le caratteristiche fisico-chimiche, idrologiche e organiche del terreno precedentemente stoccato.

Si cercherà di evitare la costipazione profonda del suolo cercando di concentrare il transito dei mezzi d'opera in aree limitate e il terreno agricolo in eccedenza dovrà comunque essere utilizzato per ripristini ambientali.

Per limitare inoltre l'impiego di risorse proveniente da siti esterni, si evidenzia che la scelta progettuale di realizzare la fondazione stradale mediante l'impiego di terreno presente in sito stabilizzato a calce limiterà la necessità di approvvigionamento di grosse quantità di materiali inerti provenienti da cave esterne.

Per il patrimonio agroalimentare non ci sono impatti in fase di cantierizzazione per cui non sono state definite misure di mitigazione in merito.

4.1.3.2 Fase di esercizio

Il consumo di suolo legato alla realizzazione di una infrastruttura stradale è un impatto irreversibile, tuttavia nel caso in esame si tratta di un potenziamento di un'infrastruttura e pertanto le opere interessano in gran parte il tracciato esistente.

Circa le aree verdi sarà importante attuare una politica di corretta manutenzione (es. potatura, taglio periodico, irrigazione, concimazione laddove necessario, controllo parassiti e fitopati, ecc.) al fine di garantire un adeguato stato di salubrità degli orizzonti pedologici superficiali.

4.1.4 Geologia e acque

4.1.4.1 Fase di cantiere

Come visto, i principali impatti in fase di cantiere per queste componenti ambientali sono riferibili a sversamenti accidentali di liquidi inquinanti (quali carburanti e lubrificanti), provenienti dai mezzi d'opera in azione o dalle operazioni di rifornimento. Gli inquinanti potrebbero pertanto contaminare il suolo ed arrivare per infiltrazione nella falda o nella rete idrica superficiale (nelle vicinanze del tracciato scorre infatti il torrente Savena Abbandonato).

Sulla base di queste considerazioni, nel caso di sversamenti accidentali sul suolo e/o all'interno di corpi recettori superficiali, per mitigare gli effetti negativi conseguenti al potenziale sversamento di liquidi inquinanti (carburanti, lubrificanti, ecc.) devono essere rispettate le seguenti indicazioni: i mezzi impiegati nelle lavorazioni dovranno essere periodicamente revisionati e i cambi di oli o le eventuali operazioni di manutenzione

dovranno essere effettuate in aree idonee esterne all'area di progetto (officine autorizzate). Inoltre, i rifornimenti di carburante andranno eseguiti all'esterno delle aree di cantiere o mediante l'impiego di sistemi con erogatore di carburante a tenuta.

Al fine di evitare scarichi di inquinanti microbiologici le aree di cantiere dovranno essere dotate di servizi igienici di tipo chimico.

Nelle aree soggette ad ampliamento della sede stradale dovrà essere garantito l'originale drenaggio delle acque superficiali e, laddove l'opera insistesse su materiali geologicamente impermeabili, salvaguardato il ruscellamento superficiale mediante opportune opere di regimazione.

4.1.4.2 Fase di esercizio

Nella fase di esercizio gli impatti sull'ambiente idrico superficiale e sotterraneo sono legati come già affermato nel documento, alle immissioni di sostanze inquinanti quali sali, oli minerali, carburanti o metalli pesanti, derivanti dal dilavamento della sede stradale operato dalle acque di prima pioggia e a/o sversamenti accidentali di idrocarburi o altre sostanze inquinanti (ad es. a seguito di incidente).

Al fine di mitigare questi impatti sono state studiate soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione stradale.

Si rileva che l'intervento è situato al di fuori delle zone di ricarica della falda e pertanto non sono necessari fossi rivestiti. Si rileva inoltre che i recapiti sono costituiti dai collettori fognari esistenti, per i quali non sarebbe necessario alcun trattamento; tuttavia al fine di migliorare la qualità delle acque, gli elementi di laminazione finali, prima del recapito in fognatura, sono dotati cautelativamente, nonostante non ve ne sia l'obbligo, di lama disoleatrice.

Laddove i fossi di guardia raggiungano dimensioni eccessive, è possibile realizzare una vasca di laminazione con la stessa funzione di limitare la portata scaricata nei ricettori finali.

Nello specifico, è prevista una vasca di laminazione in terra a pianta triangolare per laminare la portata proveniente dal lato Ovest della sede della A13, comprensiva dell'allargamento per la terza corsia e dalle rampe di accesso alla via Aposazza in rilevato nel tratto a Sud del cavalcavia di via Aposazza. Lo svuotamento della vasca avviene tramite un sistema di pompaggio dedicato

4.1.5 Atmosfera

4.1.5.1 Fase di cantiere

Al fine di minimizzare qualunque potenziale criticità legata alla produzione di polveri e di inquinanti ad esse legate, in fase di costruzione dell'opera dovranno essere messi in pratica tutti quegli accorgimenti di buona pratica cantieristica, quali:

- evitare di tenere i mezzi inutilmente accesi;
- tenere i mezzi in buone condizioni di manutenzione;
- bagnatura delle gomme degli automezzi;
- umidificazione delle piste nelle aree di cantiere;
- umidificazione dei cumuli di materiale depositato;

controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi.

Dalle valutazioni emerse in sede di stima degli impatti di cantiere per la componente atmosfera, confrontando i valori delle concentrazioni per il PM10, con le classi di polverosità definite dal Ministero dell'Ambiente, emerge che l'area risulta caratterizzata da una polverosità media annua "assente". Dati i valori completamente trascurabili, non si ritiene necessario dover adottare specifiche mitigazioni oltre a quelle sopra definite.

4.1.5.2 Fase di esercizio

Ad opera realizzata, gli effetti dovuti alle sostanze emesse in atmosfera e alle specifiche concentrazioni delle stesse sono solo in parte da parte effetto della presenza di veicoli che percorreranno il nuovo tratto dell'infrastruttura realizzata.

I fattori di emissione per ogni inquinante sono funzione della velocità media di percorrenza e della situazione di traffico (strada urbana congestionata e non congestionata, extraurbana, autostrada). Dallo studio dell'atmosfera emerge che per lo scenario progettuale sono ipotizzabili emissioni in linea con l'evoluzione recente. L'ulteriore miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle tendenze attuali potrà avvenire per lo più in seguito al rinnovamento del parco circolante, eventualmente imposto o guidato da specifiche politiche.

Dal modello previsionale al 2030 nello studio sull'atmosfera emerge che il bilancio emissivo per il 2030 comporta una significativa riduzione delle emissioni rispetto ad uno stato attuale proiettato nel 2030 (tra il -6 e il -9% a seconda dell'inquinante), in virtù dell'introduzione delle modifiche infrastrutturali in progetto e alla conseguente fluidificazione del traffico prevista, in quanto la nuova infrastruttura ampliata e fluidificata permetterà un traffico scorrevole e una certa velocità oraria.

Questo risultato evidenzia precisamente l'efficacia dell'intervento, andando a diminuire quelle che sono le emissioni in atmosfera previste che subiranno una tendenza in negativo e dunque un impatto inversamente proporzionale positivo, pertanto si ritiene non siano prevedere misure di mitigazione in merito.

4.1.6 Sistema paesaggistico ovvero Paesaggio, Patrimonio culturale e Beni materiali

Per la componente in esame si rimanda anche all'elaborato Relazione paesaggistica 111326-000-PD-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0001-0

4.1.6.1 Fase di cantiere

Le aree di cantiere e, in generale, le superfici interessate dai lavori per la realizzazione delle opere non da queste ultime fisicamente occupate in quanto ad esse destinate, saranno oggetto di interventi di recupero ambientale a verde avente funzione di riqualificazione e inserimento paesaggistico a verde. Le aree di cantiere precedentemente agricole saranno ripristinate ad uso agricolo, con inerbimento finale a medicaio.

Le aree occupate dai lavori saranno, quindi, oggetto di smantellamento degli apprestamenti/attrezzature/opere provvisori di cantiere, smaltimento di ogni eventuale rifiuto ai sensi delle norme vigenti in materia, oggetto di bonifica del materiale eventualmente ivi riportato per l'approntamento del cantiere, oggetto di ricostituzione della morfologia ante opera e di ripristino della regimazione delle acque, nonché oggetto di riporto del terreno vegetale, precedentemente accantonato e/o opportunamente approvvigionato qualora il precedente non fosse sufficiente, nello spessore finito (dopo riporto e costipamento) originario, il tutto nel rispetto degli elaborati progettuali di gestione delle terre e rocce, di cantierizzazione, nonché delle norme tecniche del Capitolato Speciale di Appalto (CSA) previste nelle fasi di progettazione esecutiva.

Il terreno vegetale dovrà specificatamente presentare le caratteristiche richieste nelle norme tecniche per le opere a verde del CSA previsto in fase di progettazione esecutiva ed essere messo in opera secondo le modalità in esso stabilite, prevedendo, in particolare, anche gli interventi di miglioramento eventualmente necessari ad ottenerne le caratteristiche ottimali per la crescita e lo sviluppo delle piante.

Si sottolinea che lo scotico delle aree interessate dai lavori dovrà essere riutilizzato per il ripristino allo stato originale del suolo superficiale delle aree stesse. Tale suolo di scotico accantonato andrà gestito come previsto nelle norme tecniche del CSA di progettazione esecutiva, prevedendo, in particolare, cumuli di limitata altezza opportunamente protetti dall'erosione mediante una semina di un miscuglio di graminacee e leguminose.

Dopo il riporto di terreno vegetale come sopra descritto, si prevedono operazioni d'inerbimento a prato polifita (o a medicaio laddove sia previsto il ripristino ad uso agricolo) mediante idrosemina di un miscuglio di specie autoctone idoneo alle caratteristiche microclimatiche del sito e successivamente dell'impianto delle specie arboree e arbustive previste in progetto nella stagione di riposo vegetativo (fine ottobre – dicembre).

In base alle informazioni attualmente disponibili l'opera esprime un basso rischio archeologico. Nel caso di ritrovamenti fortuiti i lavori dovranno comunque essere sospesi e dovrà essere fatta denuncia, entro le ventiquattro ore, al soprintendente, o al sindaco ovvero all'autorità di pubblica sicurezza e provvedere alla conservazione temporanea degli oggetti ritrovati, lasciandoli nelle condizioni e nel luogo di ritrovamento. Ove gli oggetti scoperti siano mobili lo scopritore ha facoltà di rimozione e custodia dei beni ritrovati sino alla visita dell'autorità competente.

4.1.6.2 Fase di esercizio

In funzione degli interventi stradali più volte menzionati, e ponendo particolare attenzione alle opere d'arte maggiori quali:

- Sottovia in Via Aposazza (Nord e Sud)
- Piazzale di Esazione Arcoveggio, con l'annessa pensilina di stazione

Il progetto della nuova stazione di esazione di Arcoveggio prevede la realizzazione di due pensiline di stazione in acciaio. Tali pensiline sono costituite da portali in acciaio posti a sostegno di una struttura anch'essa in acciaio con funzione di copertura dell'area di esazione. Per il dettaglio progettuale si può far riferimento alla specifica descrizione riportata in Relazione Paesaggistica (111326-000-PD-DG-GEN-00000-00000-R-AUA-0001-0).

Tra i diversi obiettivi che il progetto persegue, quello più importante risulta la volontà di valorizzare le relazioni tra autostrada e paesaggio attraversato creando un'area che interpreta e qualifica le caratteristiche identitarie del territorio. Una struttura rivolta prevalentemente agli utenti dell'autostrada, ma fruibile percettivamente anche dagli abitanti locali.

In particolare, dal punto di vista dell'inserimento architettonico, il progetto della nuova stazione di esazione di Arcoveggio prevede la realizzazione di due pensiline di stazione costituite da portali in acciaio zincato verniciato colore silver, posti a sostegno della struttura, e da materiali di finitura del controsoffitto costituiti da doghe in legno poste a vista.

Nella progettazione di tali pensiline si è considerata la doppia scala di lettura dell'intervento: dalla lunga e media distanza per chi percorre la viabilità e dalla breve distanza per chi, lasciata la viabilità, rallenta oppure ancora per chi si ferma nelle aree verdi circostanti e transita lungo l'itinerario ciclabile che attraversa la A13 poco più a sud.

Nel primo caso il progetto deve offrire un'immagine peculiare, una sorta di landmark in grado di fare individuare a distanza l'area della stazione di esazione, nel secondo caso la velocità ridotta consente una più attenta percezione di spazi e volumi; è infatti evidente la necessità di favorire la percezione dell'area da parte di chi fruisce del contesto.

Tra i diversi obiettivi che il progetto persegue, quello più importante risulta la volontà di valorizzare le relazioni tra autostrada e paesaggio attraversato creando un'area che interpreta e qualifica le caratteristiche identitarie del territorio. Una struttura rivolta prevalentemente agli utenti dell'autostrada, ma fruibile percettivamente anche dagli abitanti locali.

Per quanto attiene alle mitigazioni acustiche, in funzione dei contesti attraversati (urbani, extraurbani, punti di particolare pregio storico o paesaggistico), con l'obiettivo di raggiungimento di un migliore inserimento architettonico nel peculiare contesto di tutela paesaggistica assicurando altresì vantaggi sia dal punto di vista estetico che sul piano della durabilità, La scelta è caduta su pannelli opachi verniciati di colore verde chiaro RAL 6019, in coerenza con il contesto e le altre opere legate al sistema autostradale e tangenziale di Bologna. L'inserimento di barriere opache è stato studiato in continuità con quelle del Passante di Bologna con alcuni brevi tratti di transizione terminale, costituendo una barriera acustica opaca di mitigazione visiva dell'eliporto dei Vigili del Fuoco.

Per raccordare le barriere acustiche di progetto con quelle in previsione lungo il Passante si prevede l'utilizzo di transizioni materiche per raccordare i diversi materiali (pannelli fonoassorbenti in acciaio e pannelli in vetro temperato) che compongono le tipologie di barriere opache e trasparenti integrali.

Infine si menzionano le mitigazioni a verde che hanno l'obiettivo di inserire l'infrastruttura stradale e le sue opere collegate (come nel caso in specie le barriere acustiche) nell'ambiente attraversato, di fornire un elemento utile contro l'inquinamento atmosferico da essa prodotto, di ri-qualificare gli ambiti marginali interessati dai lavori, di valorizzare i corridoi ecologici rappresentati dai corsi d'acqua e di recuperare, dal punto di vista ambientale, le aree utilizzate nella fase di cantierizzazione.

Tali opere consistono in interventi vegetazionali, quali inerbimenti e impianti di specie vegetali autoctone, quest'ultime scelte in base alle fitocenosi potenziali e alle caratteristiche microclimatiche del sito, adottati con tipologie diversificate a seconda della funzione che l'intervento puntualmente deve svolgere, anche combinando più tipologie.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda ai seguenti elaborati:

- Planimetria degli interventi di riqualifica ambientale - 111326-0000-PD-AU-AMB-OV000-00000-D-SUA0003
- Abaco degli interventi vegetazionali - 111326-0000-PD-AU-AMB-OV000-00000-D-SUA0002

4.2 AGENTI FISICI

4.2.1 Rumore

4.2.1.1 Fase di cantiere

L'Elaborato 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC0010 fornisce, la verifica di compatibilità degli impatti per i cantieri fissi e mobili.

Per la corretta gestione dell'attività di cantiere, dovranno essere previsti alcuni accorgimenti alla riduzione e/o contenimento delle emissioni acustiche.

In primo luogo si evidenzia che sarà comunque compito dell'impresa appaltatrice, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, aggiornare la Documentazione di impatto acustico per tutte le lavorazioni, nel rispetto delle specifiche normative e considerando il presente studio come base analitica e modellistica, facendovi esplicito riferimento ed evidenziando le modifiche eventualmente intercorse ed i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, nonché specificando eventualmente l'entità e la durata delle deroghe richieste.

Suddette valutazioni dovranno dimostrare il rispetto dei limiti acustici ovvero supportare la richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti acustici, nei casi in cui essa risulti necessaria. In tali casi l'impresa dovrà comunicare agli Enti Competenti, con il dovuto anticipo, tutti gli elementi tecnici necessari ai fini di legge e per la completa contestualizzazione spaziale e temporale delle attività rumorose. In particolare, si farà riferimento ai contenuti del presente documento evidenziando le modifiche eventualmente intercorse e i necessari correttivi alle stime di impatto e al dimensionamento delle eventuali misure di mitigazione, nonché specificando l'entità e la durata delle eventuali deroghe richieste.

Sarà comunque obbligatorio da parte dell'impresa recepire le seguenti indicazioni generali per l'organizzazione del cantiere e la conduzione delle lavorazioni:

- impiegare macchine e attrezzature che rispettano i limiti di emissione sonora previsti, per la messa in commercio, dalla normativa regionale, nazionale e comunitaria, vi-gente da almeno tre anni alla data di esecuzione dei lavori.
- privilegiare l'utilizzo di macchine movimento terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate, con potenza minima appropriata al tipo di intervento; impianti fissi, gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati.
- Imporre direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi;
- garantire il rispetto della manutenzione e del corretto funzionamento di ogni attrezzatura;
- progettare le varie aree del cantiere privilegiando il deposito temporaneo degli inerti in cumuli da interporre fra le aree dove avvengono lavorazioni rumorose ed i ricettori;

- utilizzare, dove tecnicamente fattibile, barriere acustiche mobili da posizionare di volta in volta in prossimità delle lavorazioni più rumorose tenendo presente che, in linea generale, la barriera acustica sarà tanto più efficace quanto più vicino si troverà alla sorgente sonora;
- per una maggiore accettabilità, da parte dei cittadini, di valori di pressione sonora potenzialmente elevati, programmare le operazioni più rumorose nei momenti in cui sono più tollerabili evitando, per esempio, le ore di maggiore quiete o destinate al riposo.

4.2.1.2 Fase di esercizio

Come da contenuti dell'elaborato 111326-0000-PD-DG-AMB-AC000-00000-R-PAC0001, Le previsioni degli impatti acustici a fronte del progetto sono state effettuate considerando il contributo proveniente dal traffico della infrastruttura di futura realizzazione o in adeguamento e simulando gli scenari con e senza mitigazioni.

I punti di calcolo considerati sono quelli relativi alla facciata maggiormente esposta agli impatti acustici dell'infrastruttura considerata e sono gli stessi nelle simulazioni di ante e post mitigazione. Le valutazioni puntuali sono state limitate agli edifici residenziali oggetto del censimento compresi all'interno dell'area di potenziale impatto (circa 250m per i ricettori abitativi e circa 500m per i ricettori sensibili).

Si ribadisce che nel progetto in esame si è cercato di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04 in tutta l'area interessata dall'intervento di potenziamento, ed il generale mantenimento del clima acustico attuale negli ambiti già rispettosi dei limiti vigenti ed il miglioramento delle prestazioni laddove risultato necessario. L'installazione delle barriere acustiche di progetto consente di ottenere una significativa riduzione degli edifici con livelli superiori ai limiti di legge, passando dal 22,3% della situazione post operam senza mitigazioni al 5,6% della situazione post operam con mitigazioni. Dall'analisi dei risultati si evidenzia come il sistema di mitigazioni consenta di proteggere efficacemente gli edifici più prossimi all'infrastruttura stradale in progetto esposti a maggiori livelli di pressione sonora. Permangono invece lievi esuberi dei limiti per gli edifici più lontani per i quali la mitigazione risulta di fatto molto difficile a causa della perdita di efficacia dell'abbattimento acustico determinato dalle barriere al crescere della distanza tra la sorgente e il ricettore. Per quanto concerne il rispetto del limite interno e la conseguente necessità di ricorrere ad interventi diretti si precisa che non sono presenti piani fuori limite nello scenario di progetto mitigato.

4.2.2 Vibrazioni

Alla luce di quanto emerso nel capitolo precedente in merito allo studio degli impatti riferiti alla componente vibrazioni, valutando l'assenza di intensità di vibrazioni di livelli di interesse, emerge la non mitigabilità dell'impatto in fase di esercizio.

Per quanto riguarda la fase di realizzazione dell'opera, essendo le principali emissioni di vibrazioni derivanti dalle attività di corso d'opera attribuibili alle seguenti lavorazioni:

- formazione dei rilevati (vibrocompattatori);
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere (mezzi pesanti, escavatori, vibrocompattatori);
- movimentazione dei materiali (mezzi pesanti, dumper, ecc.);
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di discarica (benne, pale meccaniche, dumper, ecc.).

Si rimanda pertanto la valutazione per tale componente a quanto previsto al successivo capitolo relativo la Monitoraggio ambientale.

4.2.3 Inquinamento luminoso

Poiché gli impatti a carico dell'inquinamento luminoso durante le fasi di cantiere saranno eventualmente limitati ad un relativo inquinamento luminoso che sarà presente solo durante alcune ore del giorno ed in limitate parti del cantiere, valutando quindi le ricadute dal punto di vista ambientale di limitata entità, si desume come non sia necessario prevedere mitigazioni.

Per quanto concerne la fase di esercizio, coerentemente con i contenuti dell'elaborato attinente al dimensionamento dell'impianto di illuminazione 111326-0000-PD-AU-IMP-IM000-00000-R-OPT-0003-0, si valutano gli interventi di progetto non disturbanti nel loro complesso trattandosi di azioni e soluzioni tecniche in linea con le leggi e normative di riferimento. Pertanto non si evince la necessità di prevedere mitigazioni in fase di esercizio in riferimento all'inquinamento luminoso.

5 PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Unitamente al progetto definitivo dell'intervento in oggetto volto a migliorare l'accessibilità al sistema tangenziale ed autostradale di Bologna ovvero la prosecuzione della Tangenziale di Bologna complanarmente alla A13, è stato redatto il **Piano di Monitoraggio Ambientale**.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) è costituito da una relazione 111326-0000-PD-DG-PMA-00000-00000-R-MAM-0001, una corografia 111326-0000-PD-DG-PMA-00000-00000-D-MAM0002-0 e una planimetria con individuazione dei punti di misura 111326-0000-PD-DG-PMA-00000-00000-D-MAM0003-0.

Il PMA è stato redatto e strutturato innanzitutto sulla base delle indicazioni delle Linee Guida emanate dal Ministero dell'Ambiente; tiene conto inoltre delle informazioni presenti nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto in esame, nell'ambito del quale è stata condotta l'analisi di tutte le componenti ambientali potenzialmente impattate dai lavori di realizzazione dell'intervento in oggetto; inoltre sono state recepite le indicazioni di ARPAE emerse nelle istruttorie relative agli altri interventi in territorio Bolognese.

Scopo fondamentale del Piano è quello di operare un'azione di controllo sul territorio al fine di valutare gli effetti della costruzione delle opere autostradali fino alla loro entrata in esercizio, nonché l'efficacia delle opere di mitigazione.

In dettaglio, il Piano Integrato di Monitoraggio Ambientale si prefigge i seguenti obiettivi:

- analizzare le condizioni ante operam al fine di comprendere le dinamiche ambientali esistenti;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali e sociali;
- verificare le interferenze ambientali che si possono manifestare per effetto della realizzazione dell'opera, distinguendole dalle alterazioni indotte da altri fattori naturali o legati alle attività antropiche del territorio estranee ai lavori autostradali;
- segnalare il manifestarsi di eventuali emergenze in modo da evitare lo sviluppo di eventi gravemente compromettenti per la qualità ambientale della zona;
- verificare l'efficacia dei provvedimenti adottati per la mitigazione degli eventuali impatti indotti dai lavori autostradali;
- controllare la fase di entrata in esercizio delle opere.

Prerogativa fondamentale del Piano di Monitoraggio è inoltre quella di configurarsi come strumento flessibile in grado di adattarsi, durante la fase di corso d'opera, ad una eventuale riprogrammazione delle attività di monitoraggio, (frequenze di campionamento, parametri da misurare, siti da monitorare, ecc.) a seconda delle specifiche esigenze e necessità che si potranno determinare nel corso dell'avanzamento dei lavori autostradali.

5.1 ASPETTI GENERALI E REQUISITI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

La selezione delle componenti è stata operata sia in ottemperanza alle indicazioni del SIA che dei pareri pervenuti dai vari Enti di Controllo emerse nelle istruttorie relative agli altri interventi in territorio Bolognese e che hanno portato all'individuazione delle seguenti componenti ambientali che saranno oggetto di monitoraggio:

- **Atmosfera;**
- **Rumore;**
- **Idrico sotterraneo.**

Il Piano di Monitoraggio, che recepisce quindi le indicazioni riportate nei pareri degli Enti di Controllo, è articolato sui settori ambientali individuati e oggetto di monitoraggio nelle fasi **ante operam, corso d'opera e post operam**.

L'esatta localizzazione dei punti di misura (per la quale si rimanda agli elaborati di Piano) potrà subire variazioni durante la fase ante operam in base a richieste degli Enti di Controllo (da condividere con gli Enti l'esatta localizzazione) ed alla disponibilità dei proprietari delle aree in cui verranno eseguite le misure. Al termine della fase ante operam, al fine di definire i valori di tutela ambientale che esprimano effettivamente la compatibilità con le attività previste per la realizzazione del progetto autostradale, saranno stabilite **le soglie di azione** da attribuire ai principali indicatori ambientali individuati per le diverse componenti monitorate.

Di seguito si riportano alcune considerazioni sintetiche suddivise per settore ambientale e relative ai vari aspetti analizzati durante la stesura e la definizione del Piano di Monitoraggio Ambientale.

Settore Antropico

Dato l'elevato grado di urbanizzazione della zona interessata e il tipo di lavorazioni previste per la cantierizzazione e la realizzazione del progetto, risulta particolarmente sensibile e vulnerabile il settore ambientale più strettamente legato alla sfera antropica, in particolare la **qualità dell'aria e il clima acustico**. E' stata quindi definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera e Rumore.

Settore Idrico

I principali impatti in fase di cantiere per questa componente ambientale sono riferibili a eventuale percolazione di sostanze pericolose derivanti da sversamenti (quali carburanti e lubrificanti) dai mezzi di cantiere e dalle lavorazioni attraverso il sottosuolo insaturo, fino a costituire un potenziale pericolo per la rete idrica superficiale. Come riportato nello Studio di Impatto Ambientale del progetto va sottolineato che questo potenziale impatto si può generare solo se tali episodi non sono prevenuti grazie ad adeguate disposizioni per le maestranze ed accorgimenti nella fase di installazione dei cantieri (dotazione di sistemi di contenimento e raccolta di eventuali sversamenti). Il potenziale impatto cessa di esistere, essendo quindi reversibile, quando si termina l'attività di cantiere. Considerando che il corso d'acqua più prossimo (Savena Abbandonato) è tombato nel tratto vicino all'intervento e visto quanto sopradescritto, la probabilità di impatto per la matrice acque superficiale in questo progetto risulta ridotta. Per quanto sopra enunciato questa componente non è stata inserita nel piano di monitoraggio ambientale.

Nel presente PMA si è ritenuto opportuno inserire la componente idrico sotterraneo al fine di monitorare lo stato qualitativo della falda idrica, matrice ambientale più esposta in caso di eventuali infiltrazioni di acque reflue nel terreno.

Settore Naturale

Relativamente alle componenti naturalistiche (flora, vegetazione, fauna ed ecosistemi) dallo Studio d'Impatto Ambientale si evince che la realizzazione dell'opera non interferisce sui corridoi ecologici e con i siti della rete Natura 2000. Gli ambienti residuali con caratteristiche di naturalità presenti nell'area di intervento sono limitati numericamente e di scarsa qualità dal punto di vista ecologico. L'unico corso d'acqua presente è il Canale Navile che tuttavia non costituisce un elemento significativo dal punto di vista naturalistico. Relativamente alle specie presenti si può valutare l'assenza pressoché totale di elementi di pregio.

Per tale motivo non è stato approntato un protocollo di monitoraggio per tale settore

5.1.1 Componente atmosfera

Le problematiche legate all'inquinamento atmosferico riguardano le situazioni di impatto che possono verificarsi sia durante la realizzazione dell'opera che nella fase di esercizio dell'infrastruttura stradale.

La diffusione di polveri che si verifica nell'ambiente esterno in conseguenza delle attività di cantiere, dell'apertura di cave e depositi, dei lavori di scavo, della movimentazione di materiali da costruzione e di risulta lungo la viabilità di cantiere e sulle sedi stradali ordinarie, rappresenta un problema molto sentito dalle comunità locali per due ordini di considerazioni:

- gli ambiti spaziali interessati dai fenomeni di dispersione e di sedimentazione del materiale particolato sono rappresentati da aree urbanizzate o coltivate, nelle quali è possibile l'insorgere di problemi sanitari o di danni materiali;
- la dispersione e sedimentazione di polveri ha effetti vistosi e immediatamente rilevabili dalla popolazione; si tratta infatti di fenomeni visibili anche a distanza (nubi di polveri), che hanno la possibilità di arrecare disturbi diretti agli abitanti (deposito di polvere sui balconi, sui prati, sulle piante da frutto, sulle aree coltivate, etc.).

Le campagne di monitoraggio ante operam e in fase di cantierizzazione hanno pertanto l'obiettivo primario di valutare gli incrementi dei livelli di concentrazione delle polveri aerodisperse in corrispondenza di particolari ricettori, al fine di individuare le possibili criticità e di indirizzare gli interventi di minimizzazione.

Il monitoraggio ante operam avrà lo scopo di fornire una base di riferimento aggiornata, per quanto riguarda le concentrazioni di fondo delle polveri nelle aree e nei punti in cui le attività di cantiere potranno determinare un significativo impatto.

Le fasi operative, che durante la realizzazione dell'intervento in progetto possono essere particolarmente critiche per l'emissione di polveri, sono le seguenti:

- operazioni di scotico delle aree di cantiere;
- formazione dei piazzali e della viabilità di cantiere;
- esercizio degli impianti di betonaggio;
- movimentazione dei materiali sulla viabilità ordinaria e di cantiere;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito.

Le maggiori problematiche sono generalmente determinate dal risollevarimento di polveri dalle pavimentazioni stradali causato dal transito dei mezzi pesanti, dal risollevarimento di polveri dalle superfici sterrate dei piazzali ad opera del vento, da importanti emissioni localizzate nelle aree di deposito degli inerti, dello smarino e degli impianti di betonaggio.

La caratterizzazione della qualità dell'aria viene effettuata mediante una serie di rilievi in punti di monitoraggio fisicamente coincidenti con i ricettori interessati dalle attività di cantiere.

Al fine di comporre un quadro conoscitivo dettagliato dei livelli di inquinamento atmosferico e delle sue cause negli ambiti territoriali interessati dal progetto di monitoraggio è fondamentale definire preliminarmente i criteri utilizzati per la scelta dei punti di misura e individuare i fattori la cui variazione potrebbe causare la necessità di modificare il piano ipotizzato.

Questo problema è particolarmente sentito nelle fasi di corso d'opera, quando è più facile che l'organizzazione dei cantieri e della viabilità annessa sia soggetta a modifiche determinate da esigenze di ottimizzazione delle tipologie e delle fasi di lavorazione.

I punti di monitoraggio destinati a completare il quadro di riferimento ante operam sono stati selezionati considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai tracciati autostradali;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

I punti di monitoraggio per il corso d'opera sono stati selezionati considerando:

- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai fronti di avanzamento delle lavorazioni in corrispondenza dei tracciati autostradali;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo ai cantieri principali e secondari;
- le caratteristiche di sensibilità del sistema ricettore prossimo alla viabilità di corso d'opera a servizio dei cantieri.

Il monitoraggio in corso d'opera sarà effettuato sui medesimi punti selezionati in fase ante operam, per caratterizzare la qualità dell'aria nelle aree che saranno interessate dalle attività di cantiere, cave, depositi e viabilità di servizio.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante e corso e d'opera) ed a seguito di sopralluoghi da parte degli Enti competenti.

5.1.2 Componente rumore

Il controllo del rumore nelle aree interessate dal progetto si configura, nella fase di monitoraggio ante operam, come strumento di conoscenza dello stato attuale dell'ambiente finalizzato alla verifica degli attuali livelli di qualità, al rispetto dei limiti normativi e al controllo delle situazioni di degrado, per poi assumere in corso d'opera e in esercizio il ruolo di strumento di controllo della dinamica degli indicatori di riferimento e dell'efficacia delle opere di mitigazione sia in termini di azioni preventive che di azioni correttive.

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di fornire una esaustiva ed aggiornata base di riferimento dei livelli e delle dinamiche degli indicatori di rumore in un insieme di aree e punti relativi al tracciato autostradale attuale, alle aree e viabilità di cantiere e al tracciato autostradale di progetto.

I criteri generali per la scelta delle aree e delle sezioni di monitoraggio si basano sull'individuazione di:

- aree attraversate dall'infrastruttura attuale già ora "sofferenti" (nuclei abitati);
- aree di massima interazione opera-ambiente, con particolare attenzione agli effetti sinergici determinati da sorgenti di rumore presenti sul territorio;
- principali centri abitati attraversati da mezzi di cantiere;
- presenza di ricettori particolarmente vulnerabili (scuole, ospedali, ecc.);
- aree attualmente silenziose per le quali può essere prevista una accentuata dinamica negativa degli indicatori.

Nelle fasi di realizzazione dell'opera si verificheranno le emissioni di rumore di tipo continuo (impianti fissi, lavorazioni continue), discontinuo (montaggi, traffico mezzi di trasporto, lavorazioni discontinue) e puntuale. Le principali emissioni dirette e indirette di rumore derivanti dalle attività del corso d'opera sono attribuibili alle fasi sottoindicate:

- costruzione del tracciato;

- esercizio dei cantieri industriali e dei campi base;
- costruzione o adeguamento della viabilità di cantiere;
- movimentazione dei materiali di approvvigionamento al cantiere;
- movimentazione dei materiali di risulta alle aree di deposito;
- attività dei mezzi d'opera nelle aree di deposito;
- esercizio delle aree di deposito.

La localizzazione precisa dei punti di monitoraggio riportata nelle tavole allegate potrà essere oggetto di integrazioni e modifiche in base alle specifiche esigenze che eventualmente dovessero emergere nelle singole fasi di attività (ante, corso e post operam) ed a seguito di eventuali sopralluoghi e/o di richieste di Enti amministrativamente competenti.

Al fine di garantire uno svolgimento qualitativamente omogeneo delle misure, la ripetibilità delle stesse e la possibilità di creare un catalogo informatizzato aggiornabile ed integrabile nel tempo, è necessario che le misure vengano svolte con appropriate metodiche.

L'unificazione delle metodiche di monitoraggio e della strumentazione utilizzata per le misure è necessaria per consentire la confrontabilità dei rilievi svolti in tempi diversi, in differenti aree geografiche e ambienti emissivi.

Le metodiche di monitoraggio e la strumentazione impiegata considerano i riferimenti normativi nazionali e gli standard indicati in sede di unificazione nazionale (norme UNI) ed internazionale (Direttive CEE, norme ISO) e, in assenza di prescrizioni vincolanti, i riferimenti generalmente in uso nella pratica applicativa.

Le metodiche di monitoraggio sono inoltre definite in relazione alla variabilità del rumore da caratterizzare e alla attendibilità della stima richiesta nella singola postazione di misura.

5.1.3 Componente acque sotterranee

Gli acquiferi della pianura emiliano – romagnola sono costituiti principalmente dai depositi di origine alluvionale presenti nella porzione più superficiale della pianura, per uno spessore di circa 400-500 m e, in minima parte, da depositi marino marginali. La distribuzione di questi corpi sedimentari nel sottosuolo è schematicamente rappresentata nella sezione di figura seguente che attraversa tutta la pianura da Sud a Nord, ovvero dal margine appenninico, che separa gli acquiferi montani da quelli di pianura, al Fiume Po. Procedendo quindi dal margine appenninico verso nord, si trovano nell'ordine: le conoidi alluvionali, la pianura alluvionale appenninica e la pianura alluvionale e deltizia del Po.

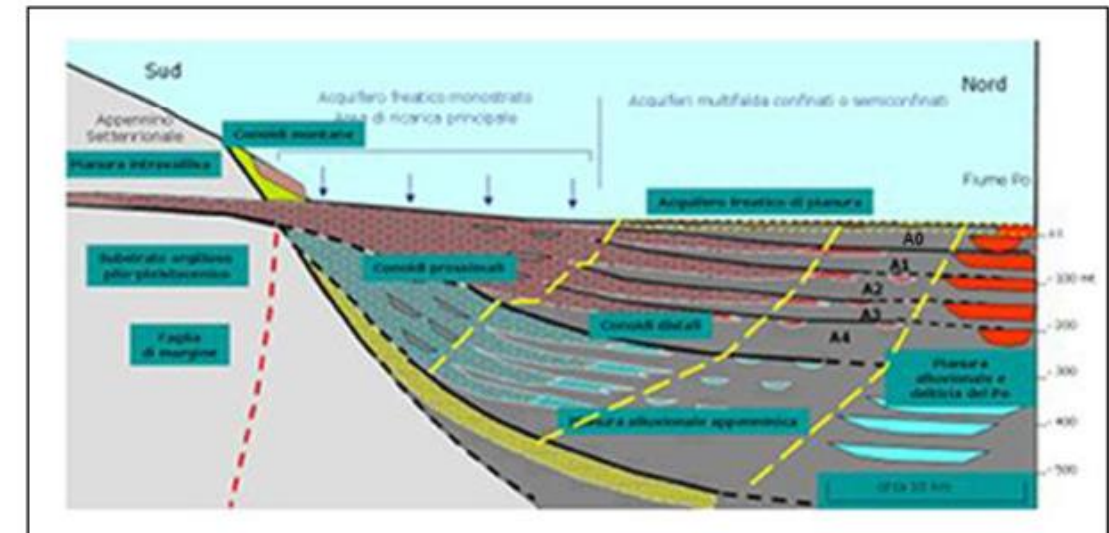


Figura 3-45: Schema della struttura dei complessi Acquiferi della Pianura Emilio-Romagnola

L'area in cui si inserisce l'opera è caratterizzata dalla presenza di un acquifero superficiale principale situato in corrispondenza della zona di conoide del Reno, nel complesso dei depositi detritici e detritico-alluvionali prevalentemente ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi a permeabilità molto elevata; tale acquifero appartiene alla falda superficiale del Complesso acquifero A0 che, insieme ai depositi granulari più profondi individuati lungo il profilo idrogeologico appartenenti al Complesso acquifero A1, costituisce la parte sommitale del sistema idrogeologico dell'area di margine appenninico.

Il modello idrogeologico di riferimento per l'area in studio è rappresentato da una serie di acquiferi sovrapposti e più o meno separati da setti impermeabili o poco permeabili; l'opera in oggetto potrebbe determinare interferenze con l'acquifero più superficiale (Sistema acquifero A0 in letteratura). Si tratta di un acquifero a superficie libera impostato in depositi alluvionali con granulometria varia. Si passa da ghiaie e sabbie in banchate potenti con intercalati livelli argillosi ed argilloso-limosi la cui continuità laterale è variabile ed aventi spessore che raramente supera il metro. Alla scala del progetto queste lenti a granulometria fine non costituiscono veri e propri setti di separazione tra acquiferi. L'acquifero superficiale o primo acquifero poggia su serie sedimentarie più antiche riferibili al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore ed è separato dagli acquiferi ospitati in esse da strati impermeabili consistenti e tracciabili lateralmente a scala regionale.

L'analisi della superficie piezometrica e dell'assetto idrogeologico dell'area interessata dalle opere in progetto è basata sul modello di sistema acquifero multifalda stratificato proposto dalla Regione Emilia-Romagna e ENI – AGIP nel 1998 "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna, a cura di G. Di Dio". Dalle indagini effettuate i livelli piezometrici hanno registrato un netto abbassamento negli anni '80 ed una progressiva risalita fino al 2008. Le variazioni stagionali sono dell'ordine di 2-3 m. I livelli dell'acquifero A1, potenzialmente interferente con il progetto in quanto più superficiale, sono compresi mediamente tra 10 e 16 m s.l.m. mentre quelli del sistema A2 sono molto più bassi (compresi mediamente tra -5 e 2 m s.l.m.); i pozzi multifalda registrano livelli intermedi tra i due. Ciò dimostra che i sistemi acquiferi sono idraulicamente separati e che la pressione delle falde contenute negli acquiferi A2 è inferiore a quella delle falde ospitate nel sistema acquifero A1.

I criteri per la definizione degli elementi della rete di monitoraggio sono basati sulla considerazione del rischio di interferenza tra opere in progetto e corpi idrici sotterranei in relazione a quanto emerso dagli studi idrogeologici, sulla vulnerabilità della falda e in base alla rilevanza socioeconomica di ogni captazione. È stato infine considerato di monitorare captazioni che, secondo la piezometria e il gradiente piezometrico, sono ubicate a monte e a valle dell'intervento.

5.2 METODICHE DI RILEVAMENTO

Si riporta sinteticamente l'elenco delle metodiche di rilevamento individuate. Per la frequenza e l'ubicazione dei punti e delle stazioni di indagine si rimanda ai documenti di Piano.

5.2.1 Atmosfera

Il Piano di Monitoraggio utilizza una serie di metodiche standardizzate, in grado di garantire la rispondenza agli obiettivi specifici dell'indagine ed una adeguata ripetibilità; queste metodiche sono:

- Metodica A2: misura delle polveri sottili (PM10) per 28 giorni in prossimità di aree di cantiere;
- Metodica A2bis - Rilievo in continuo delle Polveri Sottili (PM10) con analizzatore ottico multicanale.

5.2.2 Rumore

Le metodiche di monitoraggio utilizzate sono le seguenti:

- Metodica R2 Misure di 24 ore, postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore, per rilievi attività di cantiere.
- Metodica R3 Misure di 7 giorni, postazioni fisse non assistite da operatore, per rilievi di traffico veicolare.
- Metodica R4 Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica del limite differenziale
- Metodica R4bis Misure di breve periodo in ambiente abitativo per la verifica degli interventi di mitigazione diretti sui ricettori.

5.2.3 Vibrazioni

Le metodiche di monitoraggio che potrebbero essere utilizzate sono le seguenti:

- Metodica V1 Misure di breve periodo finalizzate al disturbo;
- Metodica V2 Misure di breve periodo finalizzate al danno.

5.2.4 Acque sotterranee

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla costruzione e dall'esercizio dell'autostrada avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini. Nella fase di monitoraggio in ante operam verrà effettuato un numero di campagne di misura tali da fornire una caratterizzazione significativa dello stato quali-quantitativo degli acquiferi potenzialmente interessati dalle lavorazioni, con le relative fluttuazioni stagionali. Nella fase di corso d'opera le campagne di misura verranno eseguite con la stessa frequenza prevista per la fase precedente, in modo da poter evidenziare eventuali modifiche ed alterazioni. Le specifiche relative all'esecuzione delle indagini, con il dettaglio delle frequenze e della distribuzione di metodiche e analisi, verranno descritte in modo dettagliato ed esauritivo nei paragrafi seguenti.

Le attività di monitoraggio prevedranno controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee. I parametri che verranno monitorati saranno indicativi di quelle che, potenzialmen-

te, potrebbero essere le tipologie più probabili di alterazione e di inquinamento derivanti dalla realizzazione delle opere autostradali.

Tali controlli consisteranno in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative;
- Indagini qualitative: specifici parametri fisici e chimico-batteriologici.

5.3 DURATA

Per quanto riguarda la durata delle fasi operative si è fatto riferimento a quanto riportato nella tabella seguente.

Ante Operam	Corso d'Opera	Post Operam
12 mesi	36 mesi	12 mesi

Tabella 4-29: Durata delle varie fasi di monitoraggio

La durata dell'intera attività di **monitoraggio**, comprensiva anche delle fasi ante e post operam, risulta quindi pari a **60 mesi**.

Nei documenti di Piano vengono riportati il dettaglio delle attività di monitoraggio previste, delle misure e le relative frequenze riferite alle diverse metodiche di rilievo selezionate per ciascuna componente ambientale individuata sulla base delle analisi e delle valutazioni riportate nel presente paragrafo.

5.4 INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE E LORO FREQUENZA

Dato l'elevato grado di urbanizzazione della zona interessata e il tipo di lavorazioni previste per la cantierizzazione e la realizzazione del progetto, risulta particolarmente sensibile e vulnerabile il settore ambientale più strettamente legato alla sfera antropica, in particolare la **qualità dell'aria e il clima acustico**. E' stata quindi definita e strutturata una rete di monitoraggio ambientale dedicata ai suddetti aspetti e suddivisa nelle seguenti componenti ambientali: Atmosfera e Rumore.

Inoltre la presenza nel progetto di opere in sotterraneo, unitamente al rischio di alterazione qualitativa delle acque sotterranee, ha reso necessario l'inserimento della componente **Acque Sotterranee** all'interno del PMA.

Il monitoraggio dell'ambiente idrico verrà integrato dal monitoraggio dei parametri meteorologici, necessari per le elaborazioni e le interpretazioni dell'andamento idrologico e climatico-stagionale dei parametri indagati.

5.4.1 Atmosfera

Ubicazione delle stazioni di misura

In riferimento all'ubicazione e alla definizione del numero di punti per la componente Atmosfera, si rimanda ai documenti di Piano di Monitoraggio Ambientale.

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO							NOTE	
Codice	Descrizione	Ante Operam			Corso d'Opera			Post Ope-ram		
		A1	A2	A3	A1	A2bis	A3	A1	A3	
A13-AP-BO-A2b-01	Cantiere		5		-	12*				Si ipotizza un corso d'opera di 36 mesi. Rilievi in continuo con restituzione dati trimestrali. Prevista campagna integrativa durante preparazione cantiere.
TOTALE		-	5	-	-	12*	-	-	-	

Tabella 4-2: Piano delle misure da effettuare – Componente Atmosfera

*Misure in continuo con centralina fissa e restituzione dati a frequenza trimestrale

5.4.2 Rumore

Fasi del monitoraggio

Ubicazione delle stazioni di misura

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO							
		Ante Operam			Corso d'Opera		Post Operam		Note
Codice	Descrizione	R2	R3	R4	R2	R4	R3	R4bis	
A13-AP-BO-R2-01	Cantiere	1			12				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R4-01	Cantiere			1		12			Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R2-02	Cantiere	1			12				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R4-02	Cantiere			1		12			Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R2-03	Cantiere	1			12				Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R4-03	Cantiere			1		12			Ogni 3 mesi per un corso d'opera di 36 mesi
A13-AP-BO-R3-04	Esercizio		1				1		
A13-AP-BO-R3-05	Esercizio		1				1		
A13-AP-BO-R3-06	Esercizio		1				1		Ricettore sensibile scuola

IDENTIFICAZIONE DEL RICETTORE		N° APPLICAZIONE METODICHE DI MONITORAGGIO							
		Ante Operam			Corso d'Opera		Post Operam		Note
Codice	Descrizione	R2	R3	R4	R2	R4	R3	R4bis	
A13-AP-BO-R3-07	Esercizio		1				1		Ricettore sensibile scuola
A13-LS-BO-R3-08	Esercizio		1				1		
A13-LS-BO-R4b-08	Esercizio							1	
A13-LS-BO-R3-09	Esercizio		1				1		
A13-LS-BO-R4b-09	Esercizio							1	
TOTALE		3	6	3	36	36	6	2	

Tabella 4-3: piano delle misure da effettuare – componente Rumore

I ricettori nelle fasce di pertinenza sono così suddivisi:

- rispetto limiti senza mitigazioni;
- rispetto limiti con mitigazioni;
- recettori con limiti non rispettati anche in presenza di mitigazioni;

5.4.3 Vibrazioni

La componente vibrazioni non rappresenta un elemento di criticità per la tipologia di opera in esame in quanto i punti ad elevata sensibilità sono distanti dal tracciato; tuttavia nel Piano vengono considerate le finalità e le metodiche di monitoraggio che potranno essere attivate su ricettori che segnalassero durante la fase di corso d'opera questa problematica.

5.4.4 Acque sotterranee

Nell'area interessata dal progetto sono stati individuati complessi acquiferi costituiti da depositi alluvionali in cui si alternano sedimenti grossolani e fini; in ciascun complesso i depositi più fini si concentrano nella porzione inferiore, mentre nella parte alta prevalgono le litologie più grossolane dove troviamo grandi spessori di ghiaie amalgamate che costituiscono estesi corpi tabulari, corrispondenti ad ampie conoidi alluvionali sepolte.

Viste le caratteristiche idrogeologiche dell'area (maggiori dettagli sono reperibili nella relazione di inquadramento idrogeologico rif. GEO0001) e considerate le opere in progetto, gli interventi da realizzare comporte-

ranno in generale impatti di intensità trascurabile che si determineranno principalmente in fase di cantierizzazione e saranno legati alla preparazione delle aree di cantiere, del nuovo sedime stradale ed alla realizzazione delle opere di ampliamento e complementari ad esso. In questo contesto, gli impatti che interverranno sul sistema geologico, idrico e idrogeologico, saranno sostanzialmente derivati dalla modificazione dei suoli coinvolti (scotico, compattazione, spostamento e movimentazione, ecc.) e la potenziale interferenza di sostanze pericolose derivanti dai mezzi di cantiere e dalle lavorazioni, che dovessero in qualche modo percolare attraverso i terreni fino alla falda superficiale o entrare in contatto con la rete idrografica superficiale, determinando quindi situazioni di inquinamento nei confronti della matrice coinvolta. Gli impatti che invece derivano dalle forme di utilizzazione della rete viaria ampliato, saranno sostanzialmente relativi al transito dei veicoli.

La possibilità di inquinamento delle acque profonde appare di natura trascurabile in relazione ai presidi previsti e alle tecniche di lavorazione previste.

I criteri per la definizione degli elementi della rete di monitoraggio sono basati sulla considerazione del rischio di interferenza tra opere in progetto e corpi idrici sotterranei in relazione a quanto emerso dagli studi idrogeologici, dalla vulnerabilità della falda. È stato infine considerato, di installare piezometri che, secondo la piezometria e il gradiente piezometrico, sono ubicati a monte e a valle dell'intervento.

Stazione	Denominazione	Comune
A13-AP-BO-SO-PZ-01M	Piezometro monte intervento	Bologna
A13-AP-BO-SO-PZ-02V	Piezometro valle intervento	Bologna

Tabella 4-4: Elenco stazioni di monitoraggio

I parametri di misura comprendono un set standard (B1 e B2) da rilevare in occasione di ogni campagna e due set di parametri specifici addizionali (B3) finalizzato alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottoterraneo.

CODICE SET FUNZIONALE	CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO
B1	LP – livello piezometrico
B2	T – Temperatura acqua PH – Concentrazione ioni idrogeno COND – Conducibilità elettrica specifica
B3	Bicarbonato Calcio Sodio Magnesio Potassio Solfati Cloruri

CODICE SET FUNZIONALE	CODICE E DEFINIZIONE PARAMETRI DI MONITORAGGIO
	Idrocarburi Totali

Tabella 4-5: Parametri di monitoraggio

SET B1 – B2

I parametri chimico fisici (set B2) potranno fornire una caratterizzazione generale sullo stato di qualità delle acque di falda in relazione alle problematiche di interferenza con le opere autostradali in costruzione. Ove possibile (pozzi privati a sfruttamento irriguo o domestico verrà misurato il livello piezometrico statico (set B1)

SET B3

Il set B3 è finalizzato ad una caratterizzazione geochimica delle acque di falda ed alla valutazione delle eventuali problematiche di interferenza qualitativa tra acquifero ed opere in sottoterraneo sia in fase di cantierizzazione (scavi, sversamenti accidentali, esecuzione di fondazioni, ecc....) sia in fase di esercizio (contatto con i materiali di rivestimento, dilavamento conglomerato cementizio...); fornirà inoltre una caratterizzazione di massima della circolazione idrica sotterranea.

Stazione	Denominazione	Set di misure
A13-AP-BO-SO-PZ-01M	Piezometro monte intervento	B1(LP)+B2+B3
A13-AP-BO-SO-PZ-02V	Piezometro valle intervento	B1(LP)+B2+B3

Tabella 4-6: Indagini suddivise per set di parametri funzionali

Si riportano di seguito le frequenze delle indagini suddivise per set e per fase di monitoraggio; le cadenze di monitoraggio sono state individuate sulla base di valutazioni di carattere generale sulla tipologia delle indagini pianificate e sulla variabilità media dei parametri oggetto di indagine osservata nell'ambito di analoghe esperienze di monitoraggio. Tali frequenze sono sufficienti ad una caratterizzazione di massima degli andamenti stagionali sia in fase Ante Operam che in fase di Corso d'Opera; resta inteso che in funzione degli avanzamenti delle lavorazioni le cadenze di indagine potranno essere variate per adattarsi alle particolari condizioni locali.

Set di misura	Ante Operam	Corso d'opera	Post Operam
B1, B2	mensile	mensile	mensile
B3	trimestrale	mensile	trimestrale

Tabella 4-7: Frequenza di misura per i vari set di parametri funzionali

5.5 SISTEMA INFORMATIVO

Per rispondere in maniera efficace ed efficiente alle esigenze del Monitoraggio nel suo insieme, si prevede la realizzazione di un Sistema Informativo del Monitoraggio (SIM) che costituirà uno dei punti nodali nell'archiviazione e gestione dei dati rilevati. Tale sistema rappresenta infatti uno degli aspetti più complessi e articolati del Monitoraggio Ambientale, in relazione soprattutto ai fattori sotto evidenziati:

- Necessità di gestire con procedure uniformi i dati derivanti dai diversi settori di indagine interessati dal piano;
- Presenza di tipologie di dati notevolmente diversificate anche all'interno dello stesso settore di indagine;
- Necessità di produrre restituzioni finali notevolmente diversificate in relazione alla periodicità, al livello di dettaglio tecnico-scientifico e divulgativo, alle modalità di diffusione;
- Necessità di riportare tutte le funzioni e attività di gestione dati all'interno del Sistema di Qualità relativo all'intero progetto.

Alla luce di queste premesse appare chiaro come il SIM dovrà rispondere alle seguenti specifiche:

1. Possibilità di archiviare i dati acquisiti durante il monitoraggio in un database di tipo informatico considerando le seguenti tipologie:
 - a. misure sperimentali; relative alle varie componenti ambientali (rumore, vibrazioni, atmosfera, idrico superficiale, ecc.); Questi tipi di misure potranno essere sia un dato puro e semplice che documenti di tipo informatico (Word, Excel, Autocad, ecc.);
 - b. Cartografia delle postazioni di misura; punti di rilievo - suddivisi per tipologia - georeferenziati;
 - c. Planimetrie di progetto georeferenziate.
2. Possibilità di generare documenti ed elaborati, utilizzando i dati acquisiti, per rapporti specialistici o note tecniche (grafici o tabelle sui dati rilevati);
3. Possibilità di effettuare interrogazioni configurabili sulla banca dati informatica con la produzione di risultati articolati e complessi, mettendo in relazione diverse tipologie di rilievo per un'analisi più dettagliata e completa del monitoraggio.

6 CONCLUSIONI DELLO STUDIO AMBIENTALE PRELIMINARE

Il progetto di potenziamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna prevede anche il collegamento dell'attuale sistema delle Tangenziali di Bologna con la via Aposazza mediante due nuove complanari all'autostrada A13, incluso l'adeguamento della barriera di esazione di Arcoveggio in uscita dall'autostrada A13 per le provenienze da Padova.

In data 15 Aprile 2016 è stato sottoscritto tra il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Emilia Romagna, la Città Metropolitana di Bologna, il Comune di Bologna e Autostrade per l'Italia l'accordo per il potenziamento in sede del sistema autostradale/tangenziale di Bologna, considerato di importanza e strategicità di carattere internazionale, nazionale e metropolitano. L'accordo e la successiva integrazione con l'Atto Aggiuntivo del 2019, prevedevano la realizzazione del cosiddetto "Passante di mezzo" ed una serie di ulteriori interventi volti al completamento del più generale riassetto del Nodo di Bologna, tra i quali rientra la "prosecuzione fino alla via Aposazza del sistema tangenziale di Bologna mediante due viabilità complanari alla A13, ciascuna ad una corsia per senso di marcia e con raccordo a via Aposazza".

Dall'analisi della coerenza dell'intervento in oggetto con gli strumenti della pianificazione emerge, con riferimento alla banca dati del Ministero della Cultura ed alla pianificazione della Regione Emilia-Romagna e sulla base di quanto esposto negli elaborati del PTM della Città Metropolitana di Bologna, nonché degli strumenti urbanistici comunali vigenti per il Comune di Bologna, come l'intervento in progetto non risulti essere in contrasto con le prescrizioni e le previsioni di tali strumenti.

In particolare, il progetto di potenziamento infrastrutturale contribuisce alla mitigazione degli impatti ambientali e paesaggistici e all'integrazione delle parti di città cresciute a nord e a sud del sistema stradale in oggetto. A scala metropolitana, inoltre, e in coerenza con quanto indicato dal PUMS, il progetto persegue l'obiettivo di sostenibilità applicando il contenimento di uso del suolo.

Con riferimento al sistema dei vincoli, in generale il tracciato in progetto non interessa aree vincolate, ad eccezione di:

- Aree di rispetto di 150 metri dalle sponde dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua iscritti negli elenchi delle Acque Pubbliche, e di 300 metri dalla linea di battigia costiera del mare e dei laghi, vincolate ai sensi dell'art.142 c. 1 lett. a), b), c) del Codice.
- Superficie di bosco (identificativi B0_0002 e B0_0003) interferita dall'infrastruttura in progetto e dalle aree di occupazione in fase di cantiere per una superficie complessiva di circa 5.000 mq, come da risultati del censimento vegetazionale, soggetta a compensazione ai sensi della DGR Emilia – Romagna n. 549/2012 e soggetta a disciplina dell'art. 142 del D.Lgs 42/2004

È stata pertanto predisposta la relazione paesaggistica, trasmessa unitamente al presente studio ed allegata al progetto definitivo.

A conclusione del quadro vincolistico si specifica inoltre che il tracciato di progetto non attraversa siti appartenenti alla Rete Natura 2000 (pSIC, SIC, ZPS, ZSC), i quali si trovano a distanze maggiori di 3,6 km.

Dalla consultazione della cartografia disponibile sul sito istituzionale della Città Metropolitana di Bologna emerge che gli interventi in progetto non ricadono in aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del RD 3267/1923. Non risulta, quindi, necessario il "nulla-osta" da parte dell'autorità competente in materia di vincolo idrogeologico.

Nell'ambito del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino interregionale del Fiume Reno, e in particolare dal piano stralcio per il Sistema idraulico "Navile-Savena Abbandonato" l'ambito di intervento non interessa aree a rischio da frana.

Dall'analisi del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) dell'Autorità di Bacino interregionale del Fiume Reno emerge invece che il progetto interessa aree classificate come a pericolosità media da alluvione.

Infine, dalla consultazione dell'Inventario Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) emerge che l'ambito di intervento non interessa fenomeni franosi

Sono stati quindi presi in considerazione ed analizzati tutti i fattori ambientali e gli agenti fisici pertinenti, anche solo potenzialmente, con le opere in progetto.

Per i fattori ambientali analizzati sono stati identificati i potenziali effetti ed impatti legati alla realizzazione delle opere, sia in fase di cantiere che di esercizio dell'infrastruttura. Tale analisi ha portato a sviluppare approfondimenti e ottimizzazioni a livello progettuale, e, dove sono stati individuati effetti diretti, a definire le misure di mitigazione dell'impatto.

È stato inoltre predisposto il Piano di Monitoraggio Ambientale (costituito dalla relazione 111326-0000-PD-DG-PMA-00000-00000-R-MAM-0001 e relativi allegati Corografia MAM-0002-0 e una planimetria con individuazione dei punti di misura MAM-0003-0), che considera le fasi di ante operam, corso d'opera e post operam. Il monitoraggio

Non si rilevano effetti negativi significativi associati alla realizzazione dell'intervento proposto. Gli effetti più consistenti sono legati al tema del rumore, per il quale sono stati sviluppati tutti gli approfondimenti necessari a garantire il rispetto dei limiti, in termini di legge.

Nel seguito vengono sintetizzati gli effetti più significativi sulle principali componenti analizzate, sia per la fase di cantiere che per quella di esercizio.

Popolazione e salute umana

Fase di cantiere

Per la realizzazione dell'opera sarà necessario allestire n. 3 aree di cantiere, che si sviluppino su superfici variabili, a ridosso di strutture viarie già esistenti e di previsione, che comportano impatti con i quali gli abitanti ivi residenti coabitano da tempo. Tuttavia, è necessario prevedere, indipendentemente dalla collocazione dell'area di cantiere, la casistica di impatti che queste genereranno sulle maestranze operanti e sugli abitanti residenti nel territorio:

- 1) polveri che si generano sia all'interno (lavorazione terre, passaggio mezzi, stoccaggio terre, impianti di produzione CLS etc) che all'esterno delle aree di cantiere (transito dei mezzi, trasporto terre etc);
- 2) produzione di rumore (martelli demolitori, flessibili, betoniere, seghe circolari, gru, transito di mezzi etc).

Fase di esercizio

Ad opera realizzata, gli effetti sulla salute pubblica sono solo in parte dovuti alle sostanze emesse in atmosfera e alle specifiche concentrazioni delle stesse da parte dei veicoli che percorreranno il nuovo tratto dell'infrastruttura realizzata, in parte all'impatto acustico dei mezzi che percorreranno le nuove carreggiate.

I fattori di emissione per ogni inquinante sono funzione della velocità media di percorrenza e della situazione di traffico (strada urbana congestionata e non congestionata, extraurbana, autostrada).

Dallo studio dell'atmosfera emerge che per lo scenario progettuale sono ipotizzabili emissioni in linea con l'evoluzione recente. L'ulteriore miglioramento della qualità dell'aria rispetto alle tendenze attuali potrà avvenire per lo più in seguito al rinnovamento del parco circolante, eventualmente imposto o guidato da specifiche politiche.

Inoltre, la piantumazione di specie arboree, la cui tipologia è stata differenziata secondo la specifica funzione esercitata da ognuna di esse, contribuirà in modo significativo alla captazione e trattenuta degli inquinanti in forma gassosa e di polveri.

In merito alla componente rumore in fase di esercizio, per quanto riguarda la realizzazione delle opere oggetto di valutazione, sono stati considerati i contributi acustici di tutte le viabilità interferenti con il tracciato in progetto simulandole modellisticamente il tratto compreso tra i limiti di intervento del progetto stesso. Non si è proceduto quindi a valutare l'eventuale riduzione dei limiti secondo la concorsualità acustica. I risultati dello studio di impatto acustico in fase di esercizio hanno mostrato per alcuni ricettori superamenti dei limiti esterni vigenti, come peraltro già avviene nello stato attuale (ante operam).

Per le emissioni sonore prodotte dal traffico veicolare sono state progettate barriere antirumore. La scelta sulle tipologie delle barriere antirumore scaturisce da riflessioni inerenti innumerevoli aspetti, acustici innanzi-

zitutto, ma anche architettonico-strutturali e costruttivi, in funzione della tipologia di sezione stradale attraversata (rilevato e opera d'arte), da considerazioni di natura economica, dalla necessità di soddisfare un'articolata serie di requisiti non solo acustici ma anche meccanici, strutturali e di sicurezza.

L'installazione delle barriere acustiche nei punti del tracciato ritenuti più opportuni garantirà lo standard minimo di confort acustico previsto dalla normativa nelle abitazioni più vicine

In fase di esercizio non si prevedono impatti negativi per la componente vibrazionale.

Suolo e sottosuolo

Fase di cantiere e fase di esercizio

Per quanto riguarda le immissioni di sostanze inquinanti quali sali, oli minerali, carburanti o metalli pesanti, derivanti dal dilavamento della sede stradale operato dalle acque di prima pioggia, il potenziale impatto è fortemente legato alla concentrazione delle sostanze inquinanti funzione dei numerosi fattori che controllano i processi di deposizione e trasporto quali per esempio:

- fattori legati al traffico sulla strada: intensità di traffico media sul tracciato, distribuzione del parco autoveicoli, in particolare il rapporto tra veicoli leggeri e pesanti e la distribuzione dei carburanti (diesel, benzina etc), impiegati, numero e ampiezza delle corsie, fattori di rallentamento, velocità media dei veicoli che caratterizza le emissioni etc;
- fattori legati alle caratteristiche pluviometriche: durata del tempo secco antecedente l'evento di pioggia che definisce il carico degli inquinanti, durata dell'evento di pioggia, che regola la diluizione del carico inquinante; volume ed intensità di pioggia, che rendono possibile l'asportazione del materiale depositato.

Per quanto riguarda invece gli sversamenti accidentali generati da un eventuale incidente, in genere le quantità sversate sono presumibilmente limitate e per questo soggette al processo di degradazione. Gli effetti legati ai potenziali sversamenti accidentali possono comunque essere arginati mettendo in pratica opportuni accorgimenti gestionali qualora necessari.

Per quanto riguarda il consumo di suolo inteso come impermeabilizzazione dei suoli interessati dai tratti ex novo della viabilità, si rammenta che tale effetto è relativo considerando che si tratta di una adeguamento di infrastruttura esistente e che sarà previsto l'inerbimento dei rilevati.

Infine per garantire la corretta gestione del suolo stoccato in fase di cantiere dovranno essere osservate opportune misure di mitigazione, finalizzate alla sua conservazione qualitativa e tessiturale cercando di concentrare ad esempio il transito dei mezzi d'opera in aree limitate, per evitare la costipazione, e di riutilizzare terreno agricolo in eccedenza per ripristini ambientali.

Geologia e acque

Nonostante non siano stati individuati effetti negati sul fattore ambientale geologia e acque, ad eccezione degli effetti legati a eventuali sversamenti accidentali per i quali devono essere adottate le opportune misure gestionali, in via cautelativa all'interno del Piano di Monitoraggio ambientale è stata inserita apposita valutazione in merito alle acque sotterranee, con riferimento alla fase di corso d'opera e di esercizio, oltre che di ante operam, quest'ultima funzionale a definire nel dettaglio il quadro conoscitivo.

La valutazione dei potenziali effetti indotti sul comparto idrico sotterraneo dalla costruzione e dall'esercizio dell'autostrada avverrà attraverso l'analisi e il confronto dei dati di monitoraggio raccolti prima, durante e dopo la realizzazione dell'opera, con riferimento al quadro evolutivo dei fenomeni naturali aggiornato nel corso delle indagini.

Atmosfera

Fase di cantiere

Gli impatti in corrispondenza delle abitazioni più prossime alle aree di intervento, sia in termini di media annua che di media giornaliera di PM₁₀, non possono essere considerati trascurabili. Si evidenzia, comunque, il carattere di temporaneità degli effetti e l'approccio di analisi che può essere ritenuto cautelativo.

Per quanto riguarda gli impatti in corrispondenza dei ricettori sensibili presenti in prossimità dell'area di intervento, le abitazioni più esposte sono quelle molto prossime alle aree di intervento e di cantiere (abitazioni lungo via Andrea da Formigine, via Rimini, via della Croce Coperta, via Ferrarese e via Stendhal), in cui si

stimano incrementi indicativamente tra 5 e 19 µg/m³; presso le altre abitazioni gli incrementi stimati sono invece generalmente inferiori a 5 µg/m³ (10% del limite di legge).

Presso i ricettori sensibili prossimi all'area di intervento si stimano incrementi sempre inferiori a 5 µg/m³ (10% del limite di legge).

In relazione alla significatività degli effetti, si possono considerare non significativi:

- gli effetti di lungo termine se inferiori all'1% del requisito di qualità ambientale long term;
- gli effetti di breve termine se inferiori al 10% del requisito di qualità ambientale short term.

Pertanto, si possono fare le seguenti considerazioni:

- sia in termini di media annua che di media giornaliera di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza delle abitazioni più prossime alle aree di intervento risultano sopra la soglia di significatività. Si evidenzia, comunque, il carattere di temporaneità degli effetti sopra descritti e l'approccio di analisi che può essere ritenuto cautelativo;
- in termini di media annua di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza dei ricettori sensibili più vicini alle aree di intervento risultano sopra la soglia di significatività. Anche in questo caso si evidenzia il carattere di temporaneità degli effetti sopra descritti e l'approccio di analisi che può essere ritenuto cautelativo. Presso gli altri ricettori gli impatti sono invece sempre trascurabili e non significativi;
- in termini di media giornaliera di PM₁₀, gli impatti in corrispondenza dei ricettori sensibili presenti in prossimità dell'area di intervento sono sempre trascurabili e non significativi.

Al fine di minimizzare qualunque potenziale criticità, verranno messi in pratica tutti quegli accorgimenti di buona pratica cantieristica, quali:

- evitare di tenere i mezzi inutilmente accesi;
- tenere i mezzi in buone condizioni di manutenzione;
- bagnatura delle gomme degli automezzi;
- umidificazione delle piste nelle aree di cantiere;
- umidificazione dei cumuli di materiale depositato;
- controllo e limitazione della velocità di transito dei mezzi.

L'inquinante Polveri Totali Sospese (PTS) è stato simulato al fine di valutare la deposizione al suolo (secca + umida) delle polveri generate dalle attività di cantiere.

Fase di esercizio

lo studio effettuato non ha evidenziato contributi che possano portare a superamenti dei limiti di legge per ogni inquinante, parametro statistico e scenario esaminato. L'effetto dell'intervento proposto sulla viabilità locale si conferma positivo sui livelli d'inquinamento atmosferico da NO₂, praticamente ovunque sul dominio di calcolo compreso il punto di massimo impatto, localizzato al centro dello svincolo tra la A13 e la E45. Per gli altri inquinanti l'effetto è neutro o al più debolmente negativo (aumenti inferiori al 2.5%). Si rimanda a quanto descritto per gli effetti sulla popolazione.

Rumore

Fase di cantiere

Sono state individuate le situazioni (aree di cantiere, ricettori, attività) per le quali l'impresa appaltatrice dei lavori dovrà (sulla base dell'effettivo cronoprogramma e reali macchinari utilizzati) valutare se effettuare una richiesta di autorizzazione in deroga ai limiti previsti dalla normativa.

Le simulazioni effettuate per l'area di cantiere fissa hanno evidenziato la presenza di alcuni esuberi dei limiti vigenti. Nello specifico i ricettori più prossimi alle aree di cantiere sono risultati rispettosi sia dei limiti di emissione, sia dei limiti di immissione. Si registra un solo esubero dei limiti di immissione per l'edificio scolastico (edificio n.1862) posto a distanza più elevata (circa 300m) e ricadente in classe acustica I. Tale superamento non è imputabile alle attività di cantiere che determinano, rispetto al rumore di fondo (Livello statistico L₉₀ riferito ai risultati della postazione di misura PS05 e pari a 58,8 dBA), un contributo acustico del tutto trascurabile. Inoltre, il rumore di fondo risulta essere di fatto già superiore al limite di classe dell'area.

La verifica della compatibilità degli impatti dati dai cantieri mobili è stata effettuata in due sezioni critiche per la Fase realizzazione rilevati e la Fase scavi e demolizione.

Si precisa comunque che sarà compito dell'impresa appaltatrice dei lavori, in base alla propria organizzazione e ai tempi programmati, verificare la necessità di aggiornare la documentazione di impatto acustico per tutte le lavorazioni, nel rispetto delle specifiche normative e considerando lo studio allegato al Progetto Definitivo come base analitica e modellistica.

Fase di esercizio

Le previsioni degli impatti acustici a fronte del progetto sono state effettuate considerando il contributo proveniente dal traffico della infrastruttura di futura realizzazione o in adeguamento e simulando gli scenari con e senza mitigazioni

Nell'ambito dello studio acustico è stata effettuata la valutazione dei livelli di pressione sonora ai ricettori considerando i flussi di traffico risultanti dall'apposito studio di traffico, in tre diversi scenari, e sono stati definiti degli interventi di mitigazione acustica nei casi di superamento dei limiti di riferimento in corrispondenza dei ricettori.

Per alcuni ricettori, infatti, le simulazioni hanno mostrato superamenti dei limiti esterni vigenti, come peraltro già avviene nello stato attuale.

Si prevede di mitigare l'impatto acustico e di garantire il rispetto dei limiti acustici vigenti esterni ed interni ex DPR 142/04 nell'area interessata dall'intervento tramite la realizzazione di barriere acustiche. L'impegno complessivo in opere di mitigazione risulta pari ad uno sviluppo complessivo di 1.539 m, per una superficie di 14.017 m².

Inquinamento luminoso

Per quanto concerne gli impatti afferenti agli interventi di illuminazione pubblica previsti per il progetto in esame, sono quelli stabiliti dalla normativa vigente in materia. Ne consegue un impatto trascurabile o assente, pertanto valutabile non necessario alcun intervento mitigativo.

Paesaggio

Fase di cantiere

Si sottolinea come potenziali effetti a seguito delle attività di cantiere sul paesaggio sono connessi per lo più alla presenza dei mezzi d'opera e alle relative segnalazioni di sicurezza.

Tali effetti, tuttavia, saranno temporanei e reversibili, nonché di breve durata. Non si segnala in fase di cantiere alcuna modifica all'assetto morfologico e geologico dell'ambito paesaggistico di riferimento, né alcuna modificazione allo skyline naturale e antropico o compromissione di ambiti di forte valenza naturalistica o storico-culturale.

In conclusione, gli effetti della realizzazione dell'opera in fase di cantiere risultano poco significativi, in quanto non configurano una compromissione permanente e critica dell'ambito paesaggistico di riferimento progettuale, quindi reversibili, temporanei e a breve termine.

Fase di esercizio

Considerando i contenuti e i parametri individuati dal DPCM 12.12.2005, in fase di esercizio è possibile definire i seguenti tipi di alterazione del sistema paesaggistico.

INTRUSIONE

L'inserimento di nuove opere d'arte come l'installazione delle barriere antirumore comporta l'introduzione di nuovi elementi sul paesaggio.

La scelta architettonica e materico-cromatica, inoltre, è stata orientata verso materiali richiamanti cromie dell'ambito paesaggistico di riferimento e verso la configurazione di elementi dalle caratteristiche stilistiche semplici e leggere, ai fini di facilitarne il corretto inserimento nel contesto paesaggistico di riferimento.

Tutti gli altri elementi costitutivi degli interventi andranno ad inserirsi in un contesto già paesaggisticamente compromesso e infrastrutturato e dunque, pur essendo nuovi, dal punto di vista percettivo non risulteranno come oggetti estranei e incongrui rispetto ai caratteri paesaggistici (antropici e insediativi) d'ambito.

SUDDIVISIONE E FRAMMENTAZIONE

Nel complesso la maggior parte degli interventi non andranno a produrre effetti visivi sulla frammentazione o suddivisione dei paesaggi.

RIDUZIONE ED ELIMINAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURANTI DI PAESAGGIO

Gli interventi in esame non produrranno effetti significativi dal punto di vista della riduzione e/o eliminazione di elementi strutturanti il paesaggio.

CONCENTRAZIONE

Il progetto non produce alcun effetto dal punto di vista della concentrazione poiché si tratta di opere legate al tracciato stradale pre-esistente, pertanto, nel complesso si sviluppano linearmente.

INTERRUZIONE DI PROCESSI ECOLOGICI E AMBIENTALI

Le opere interessate dalla prosecuzione della tangenziale di Bologna e dell'autostrada A13 non producono alcun effetto di interruzione di processi ecologici ed ambientali poiché si interviene in un contesto attualmente infrastrutturato.

DESTRUTTURAZIONE E DECONNOTAZIONE

Gli interventi in esame non produrranno alcun effetto dal punto di vista della destrutturazione e deconnotazione del contesto paesaggistico di riferimento, in quanto non modificheranno la struttura del sistema paesaggistico ormai consolidato con la presenza della A13.

Inoltre è evidente come i beni paesaggistici soggetti a tutela siano stati soggetti ad alterazioni ancora prima dei lavori di prosecuzione, per cui si trovino attualmente contigui al sedime stradale e se ne preveda una nuova configurazione volta a migliorare e mitigare i possibili impatti percettivi.

Tenuto conto delle specifiche peculiarità del bene sottoposto a tutela, la stima di potenziali effetti derivanti dalla realizzazione dell'opera è necessariamente centrata sulle potenziali alterazioni delle condizioni di visibilità dei tali elementi peculiari o potenziali alterazioni nella morfologia dei luoghi stessi. L'opera nella sua interezza pone attenzione agli interventi di inserimento paesaggistico con progetti di opere a verde e scelta oculata dei materiali di finitura delle opere d'arte, quali elementi qualificanti in grado di dare un contributo positivo all'identità complessiva dei luoghi che attualmente sono frutto di precedenti singoli interventi scollegati tra di loro.

Il progetto dal punto di vista paesaggistico tiene conto degli indirizzi e delle prescrizioni di tutela paesistica dei piani urbanistici citati, sia sovrallocali che locali e con essi si relaziona. L'intervento, valutato alla luce alla vincolistica di tutela e di regolamentazione del territorio, non risulta essere prevaricante sul contesto ed in linea con i valori qualitativi espressi dai dispositivi di vincolo e di pianificazione vigente.

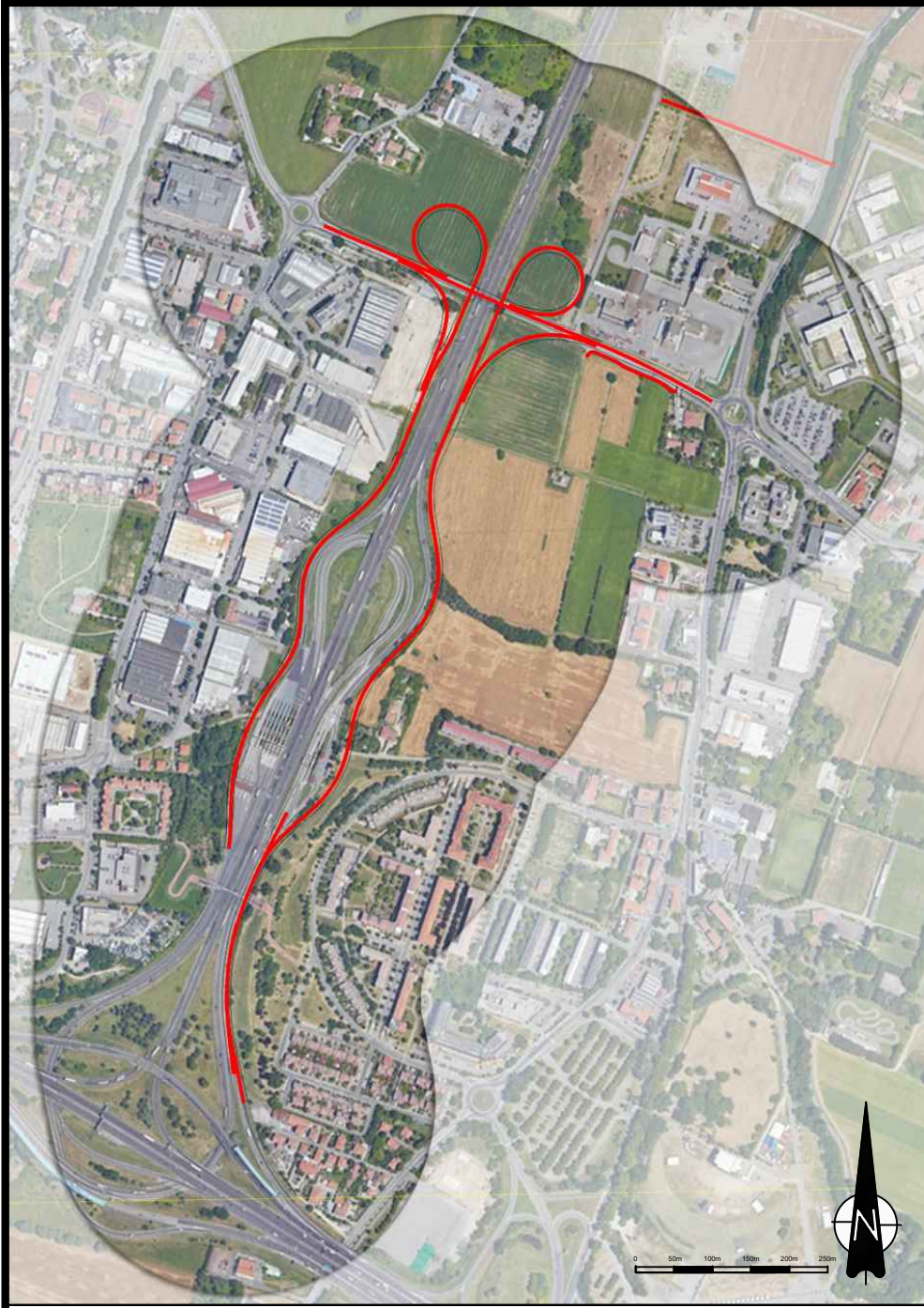
L'intervento si ritiene pertanto che non interferisca negativamente con le visuali panoramiche, limitandole o occludendole e sovrapponendosi in modo incongruo con gli elementi e le relazioni visive significative del paesaggio.

Complessivamente il livello di impatto dell'intervento in esame, in considerazione di quanto esposto nei paragrafi precedenti, risulta contenuto nei confronti del contesto paesaggistico in cui si inserisce e si ritiene essere complessivamente compatibile con i valori paesaggistici tutelati dai vincoli

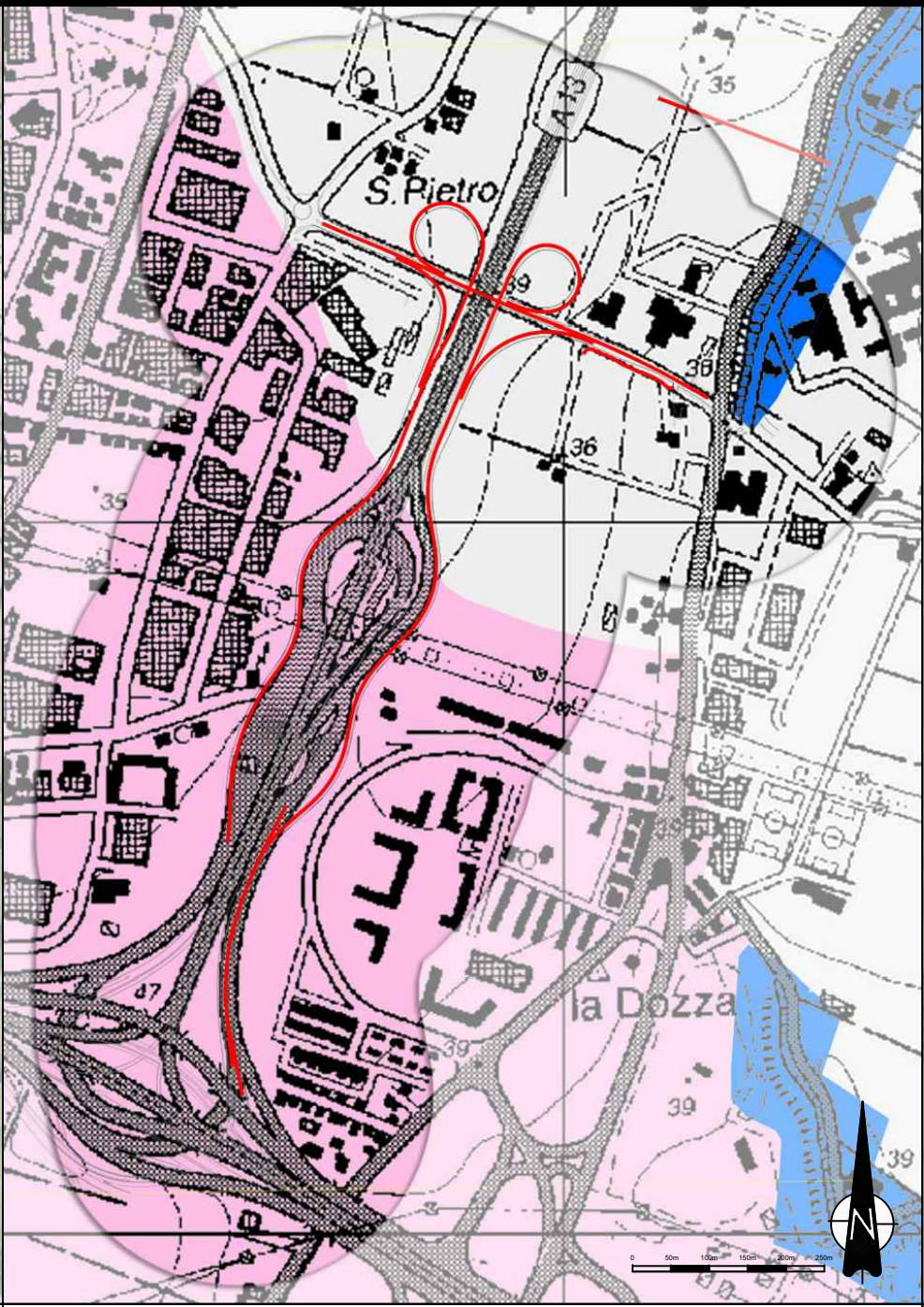
7 DOCUMENTAZIONE A CORREDO DELLO STUDIO

A corredo dello Studio di impatto Ambientale sono stati trasmessi diversi elaborati di progetto:

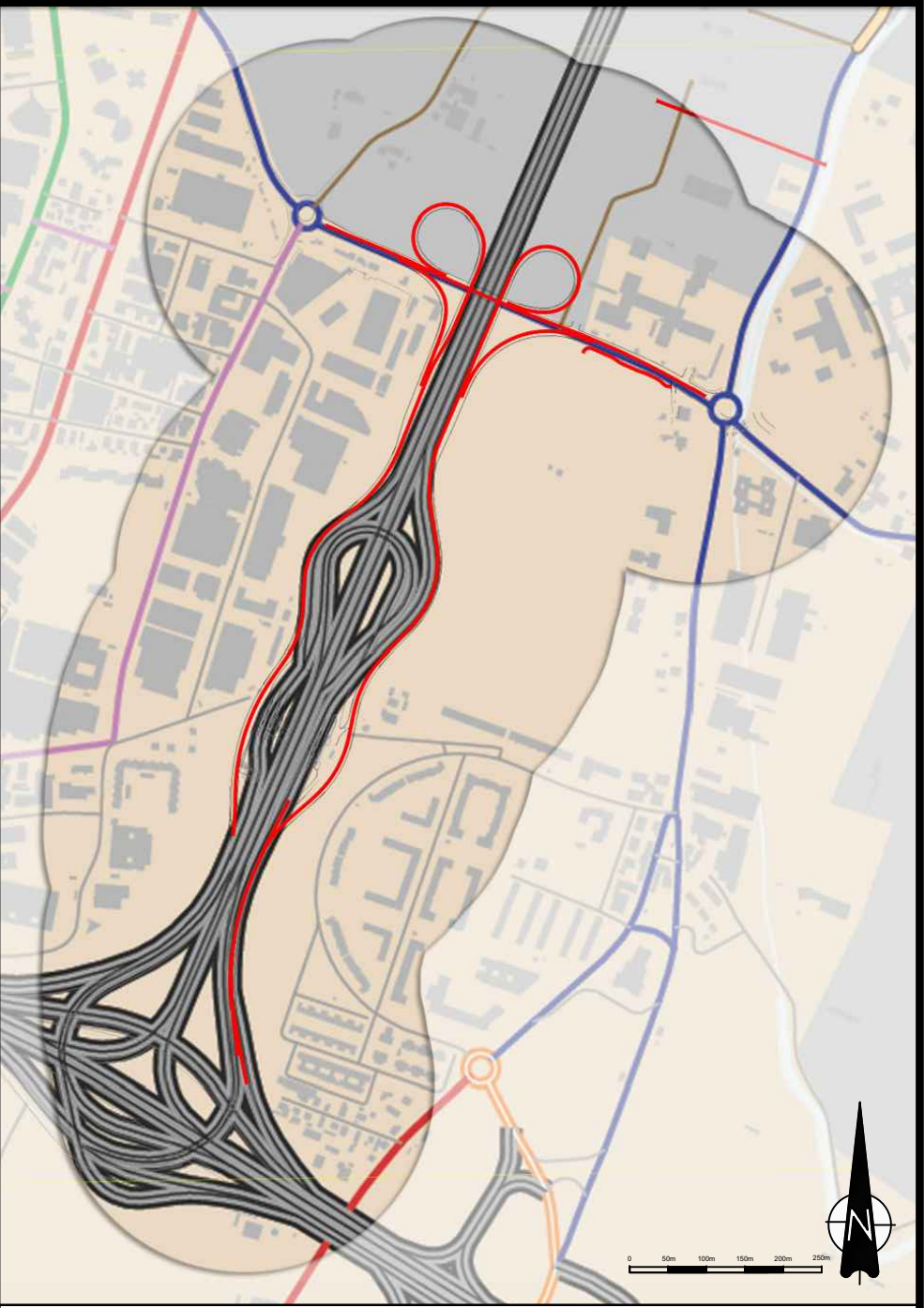
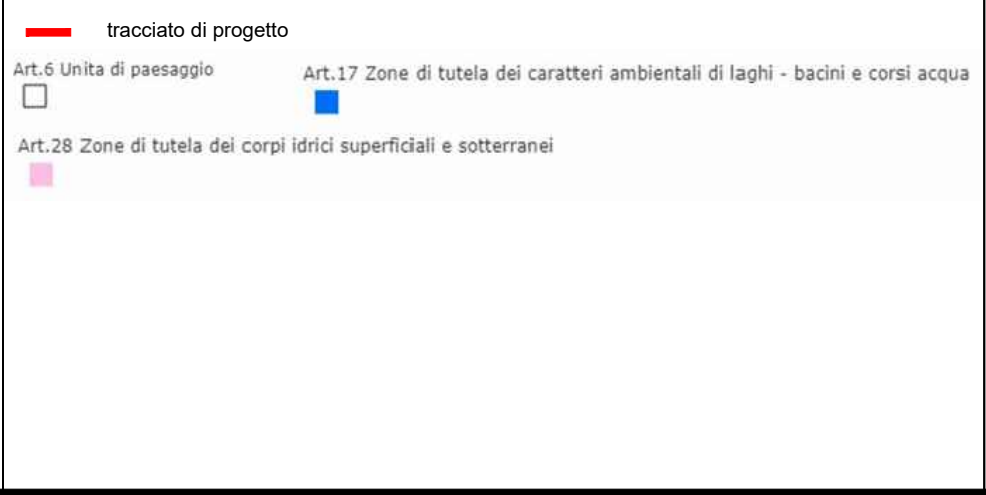
- Allegato 01: Individuazione su Ortofoto – PTPR Carta delle Tutele – PGTU Nuova Rete Stradale
- Allegato 02: PTM carta della Struttura – PTM Carta degli Ecosistemi – PTM Carta del Rischio Idraulico, Rischio da Frana e Assetto dei Versanti;
- Allegato 03: PTM Carta delle Aree suscettibili di effetti locali – PTM Carta delle Reti Ecologiche, Fruizione e Turismo – PUG Risorse Idriche e Assetto Idrogeologico;
- Allegato 04: PUG Stabilità dei Versanti – PUG Elementi Naturali e Paesaggistici – PUG Testimonianze Storiche e Archeologiche;
- Allegato 05: PUG Rischio Sismico – PUG Ecosistemi naturali, limitazioni degli interventi all'esterno del TU (PTM) – PUG Infrastrutture, Suolo Servitù;
- Allegato 06 – Infrastrutture per la navigazione aerea/1 – PUG Infrastrutture per la navigazione aerea/2 – PUG Elettromagnetismo;
- Allegato 07: Ubicazione su Ortofoto dell'intervento;
- Allegato 08: Planimetria di Progetto
- Allegato 09: Ubicazione aree di Cantiere
- Allegato 10: Cronoprogramma degli interventi



INDIVIDUAZIONE SU ORTOFOTO

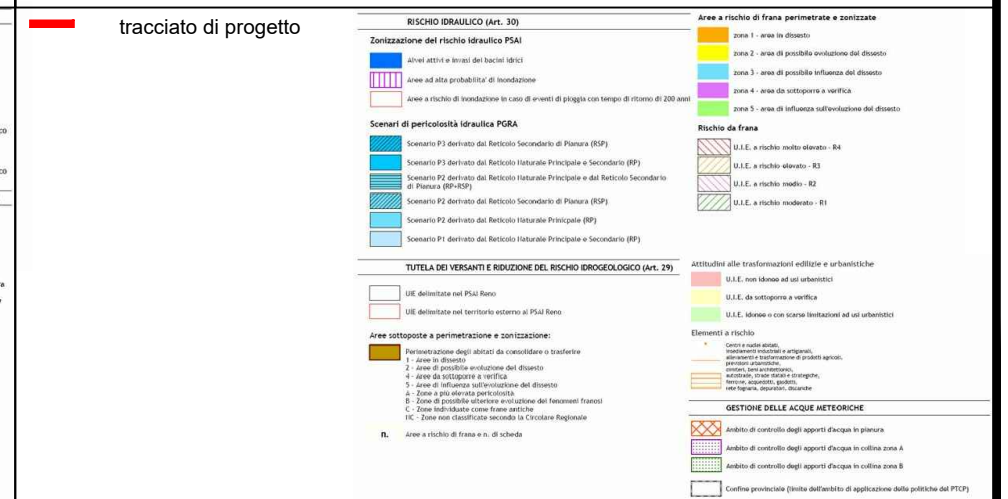


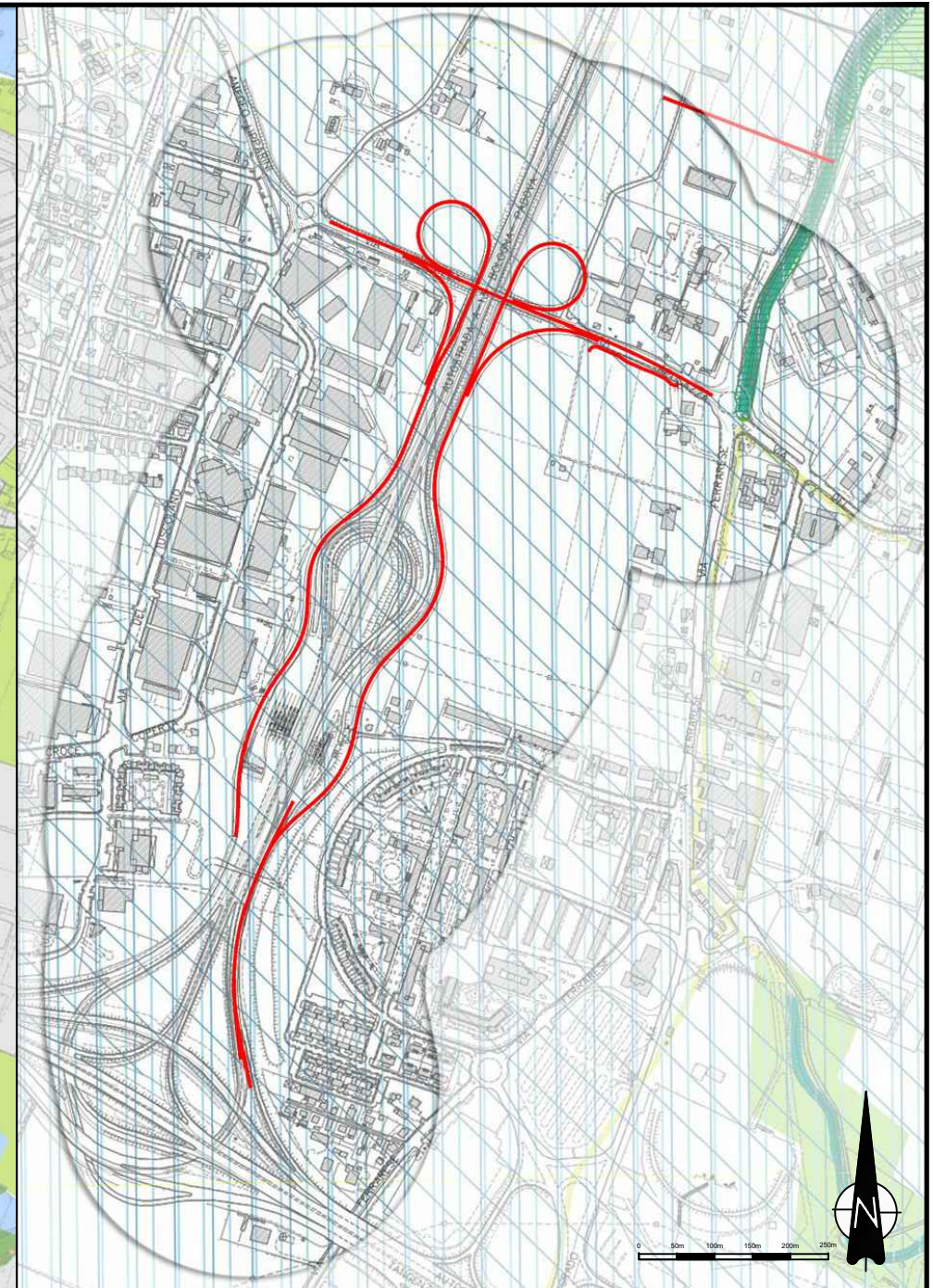
PTPR - CARTA DELLE TUTELE



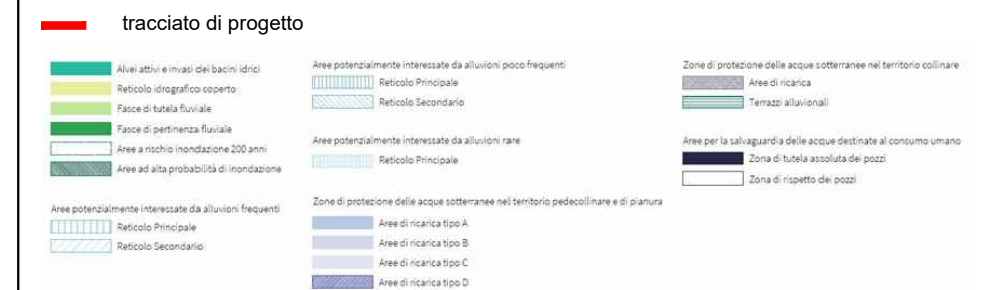
PGTU - NUOVA RETE STRADALE

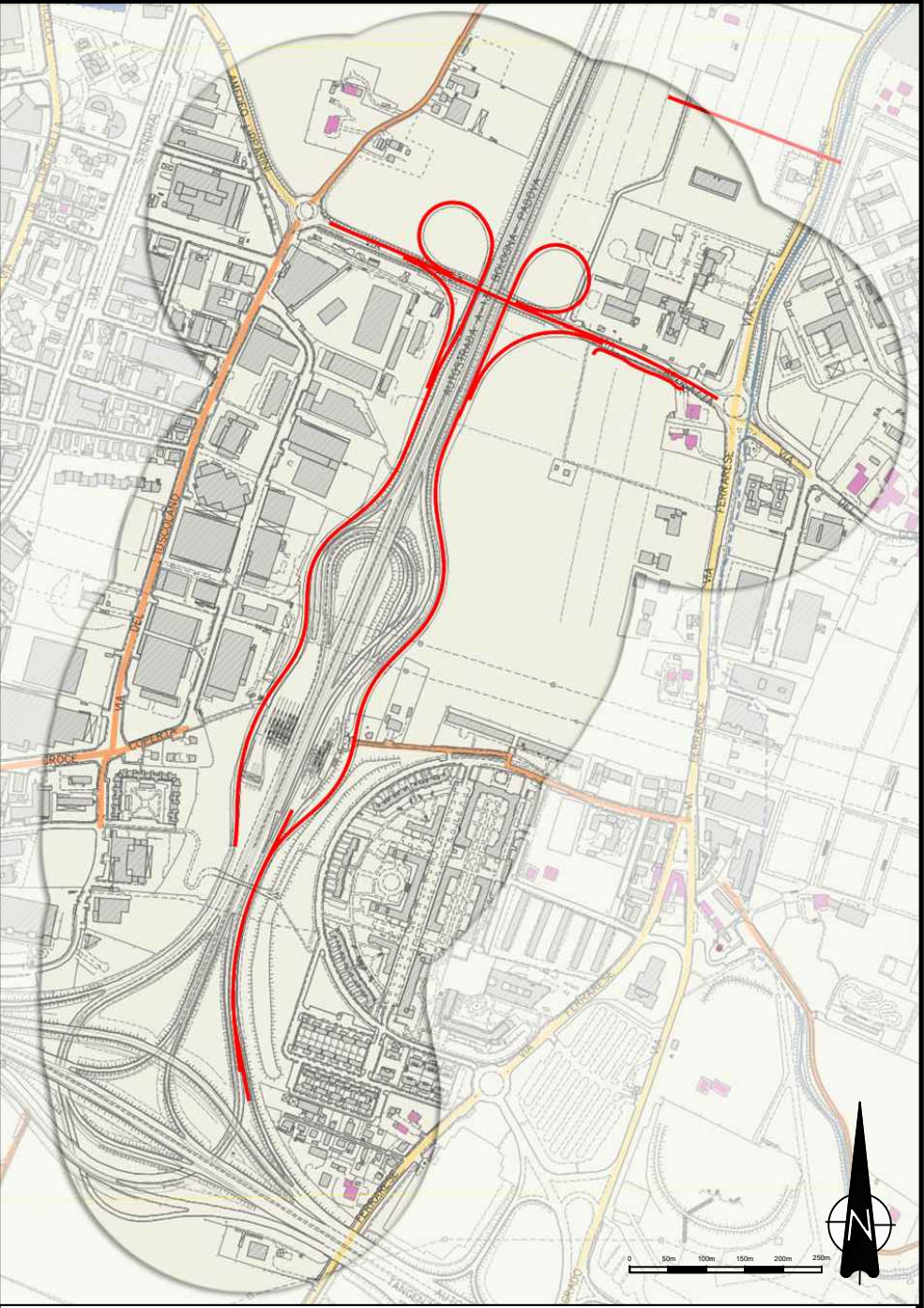
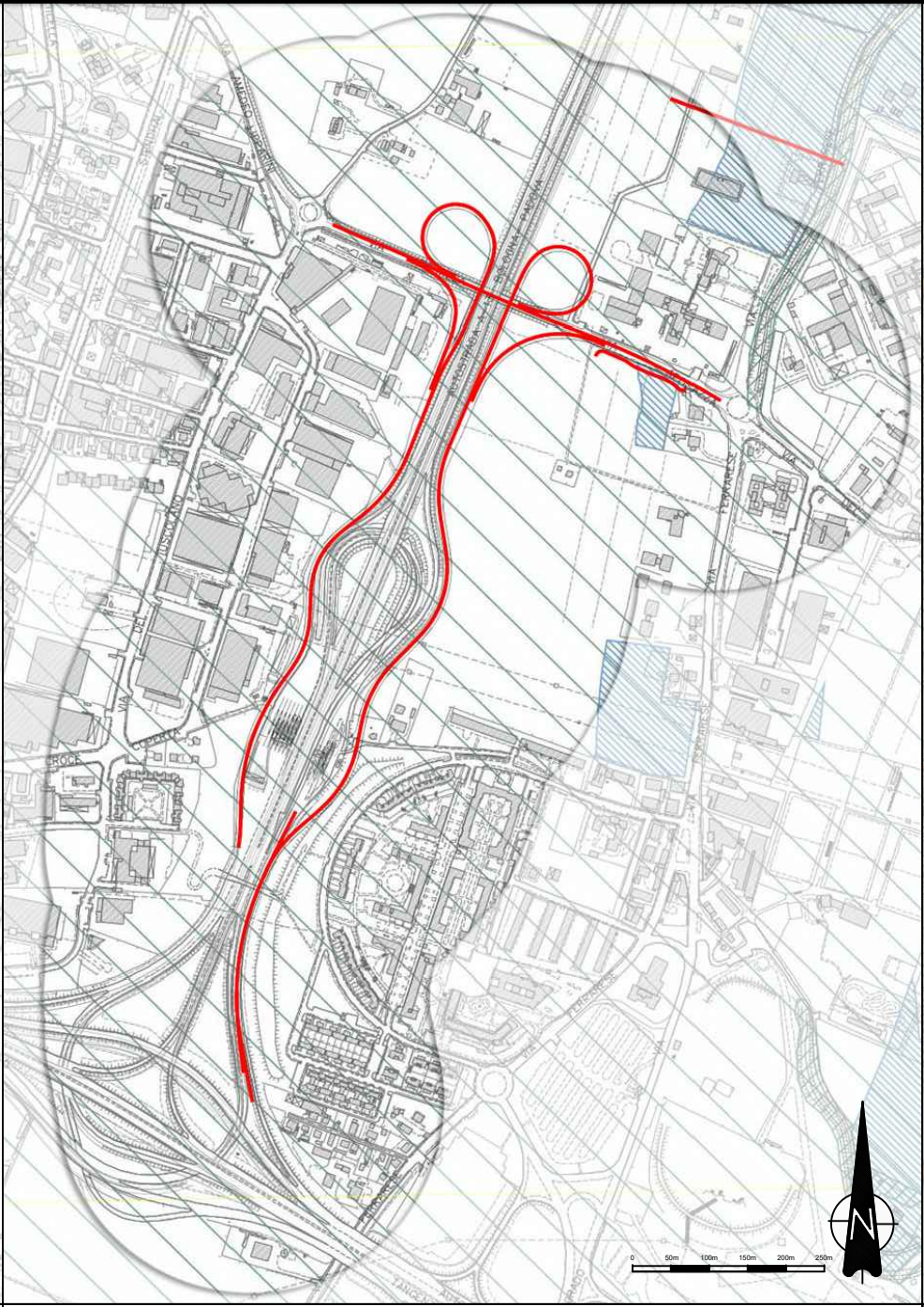
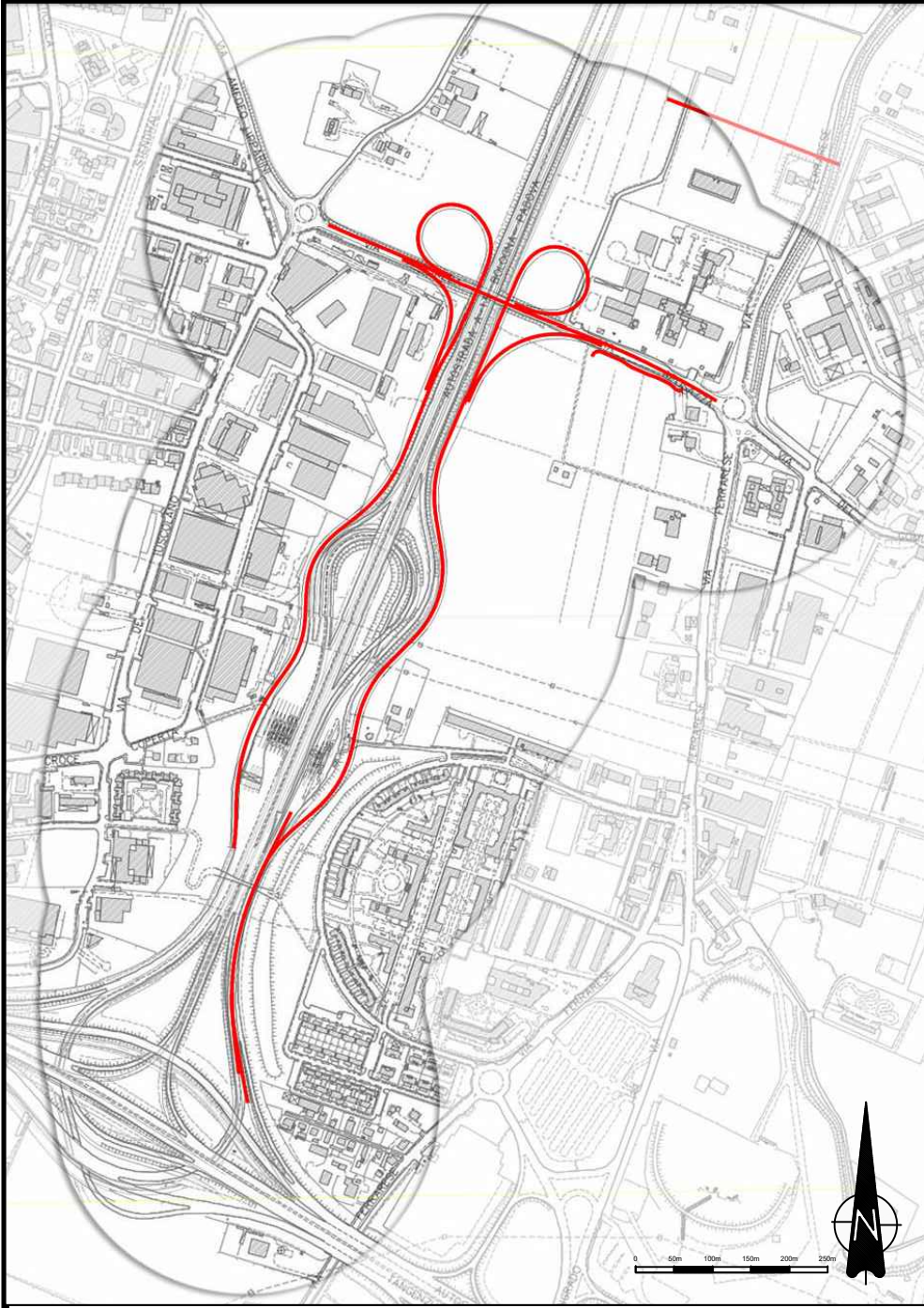






PUG - RISORSE IDRICHE E ASSETTO IDROGEOLOGICO

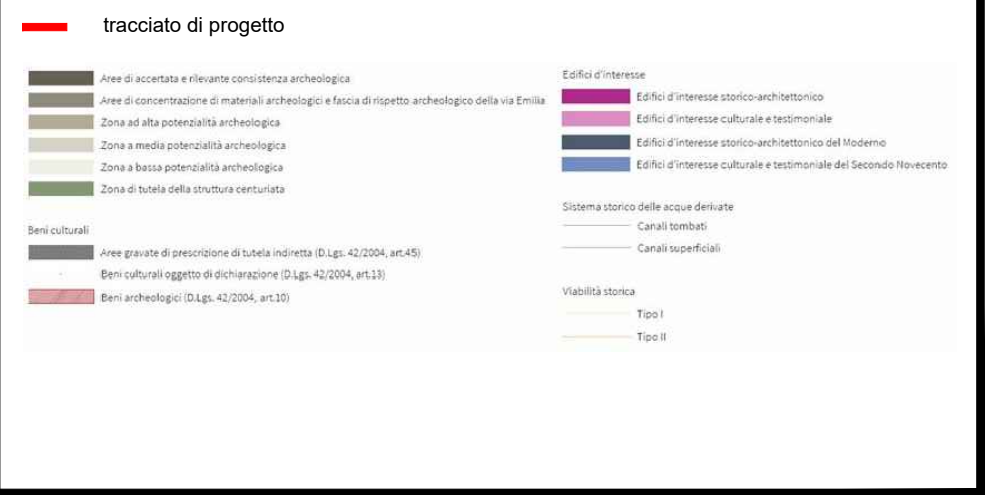
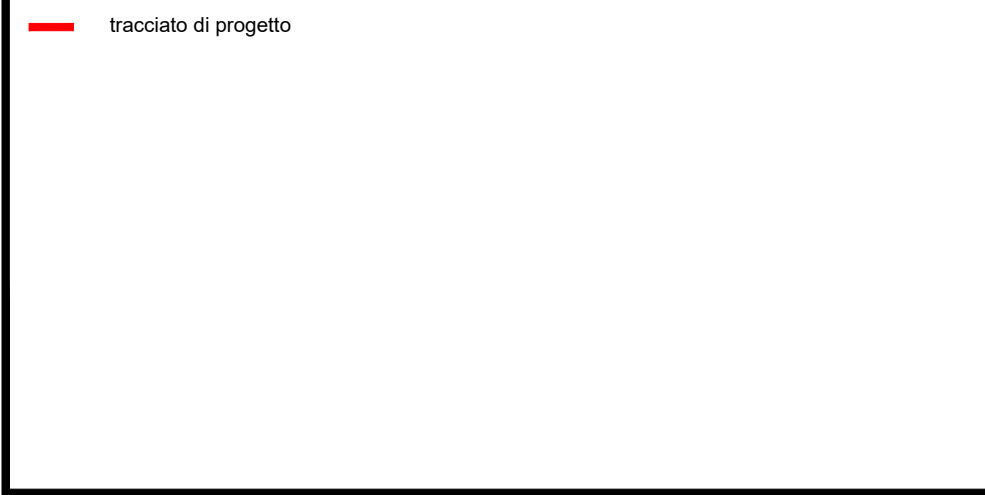


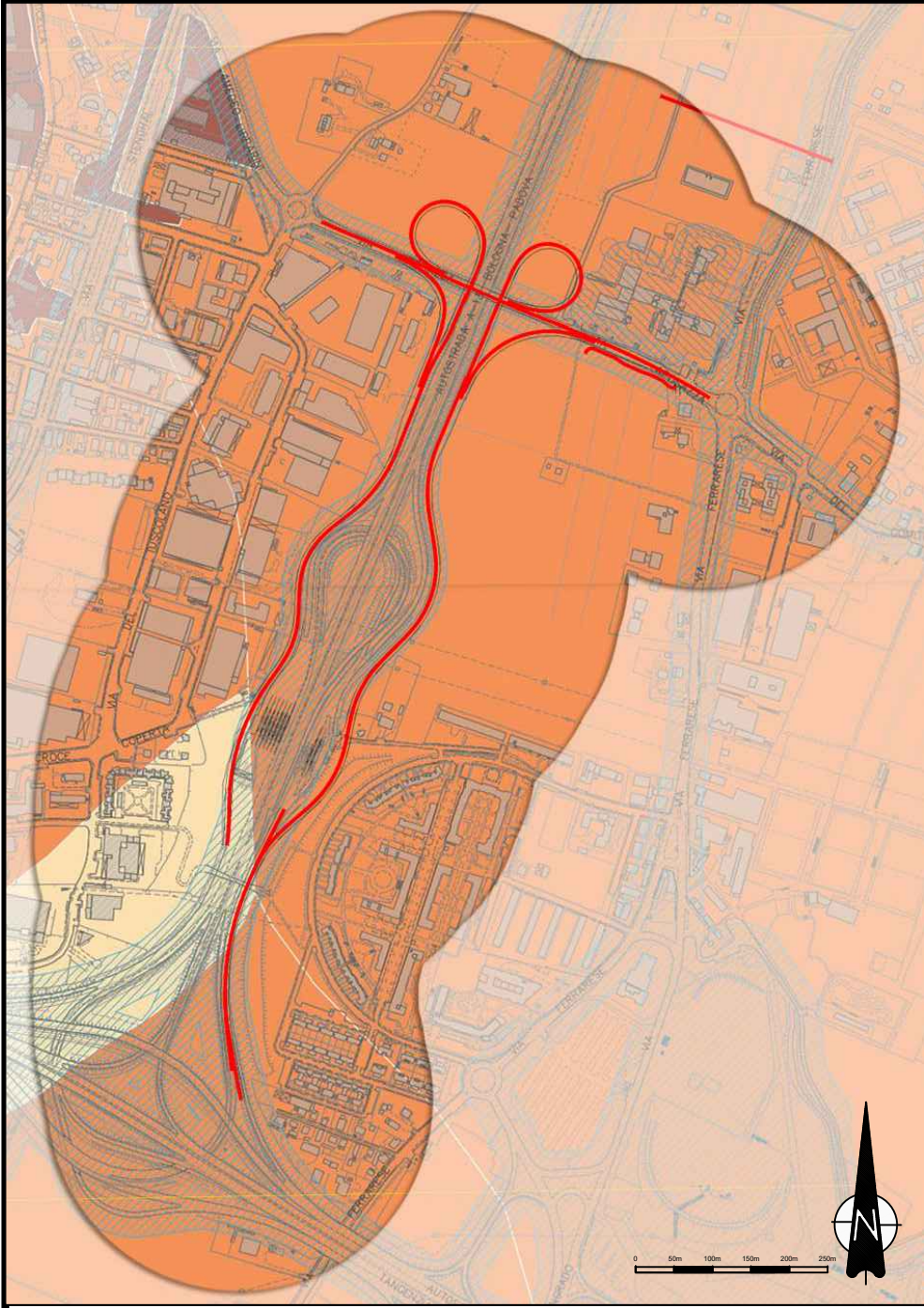


PUG - STABILITA' DEI VERSANTI

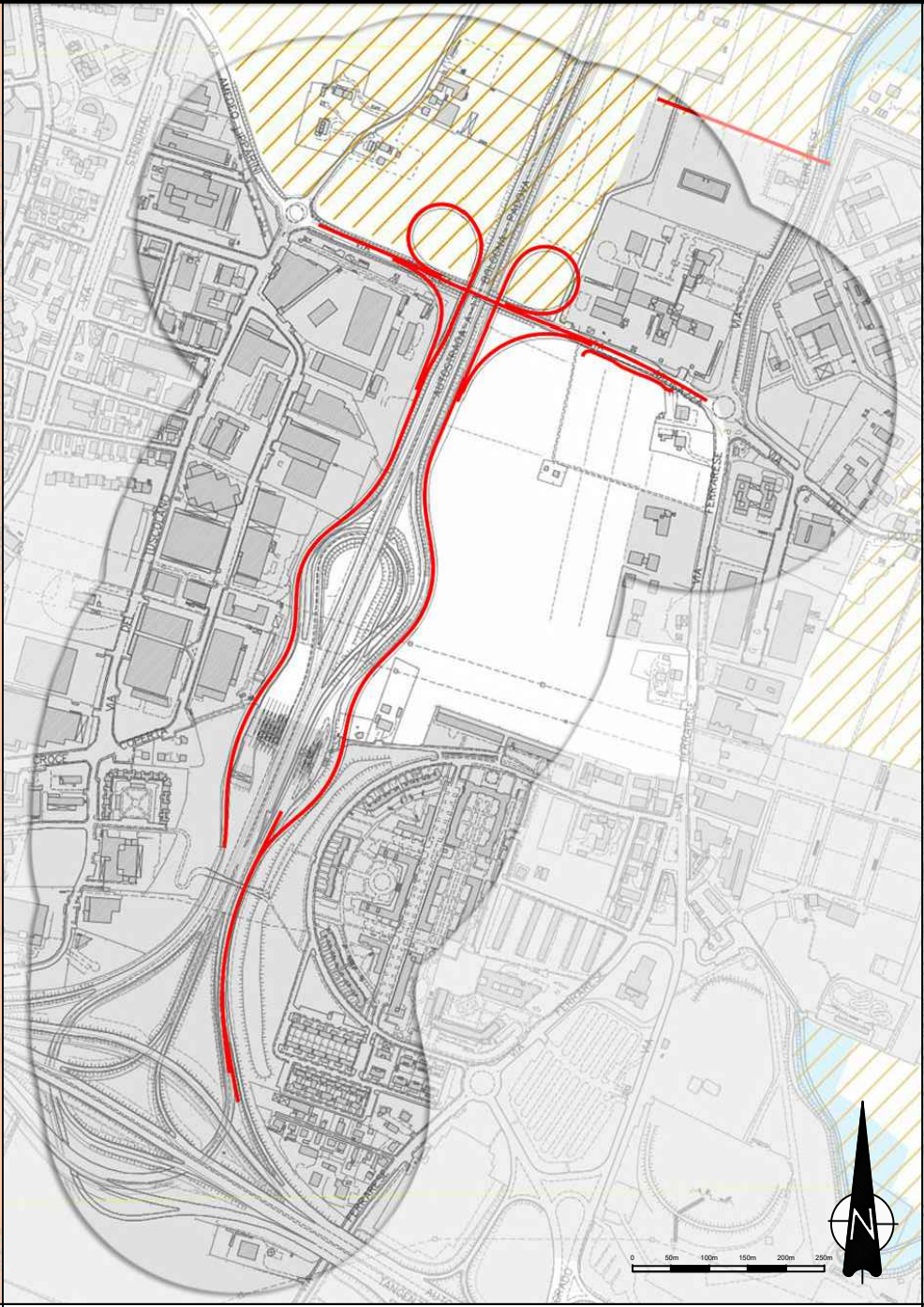
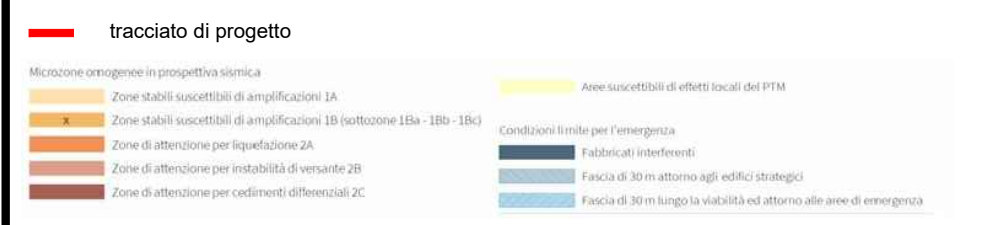
PUG - ELEMENTI NATURALI E PAESAGGISTICI

PUG - TESTIMONIANZE STORICHE E ARCHEOLOGICHE

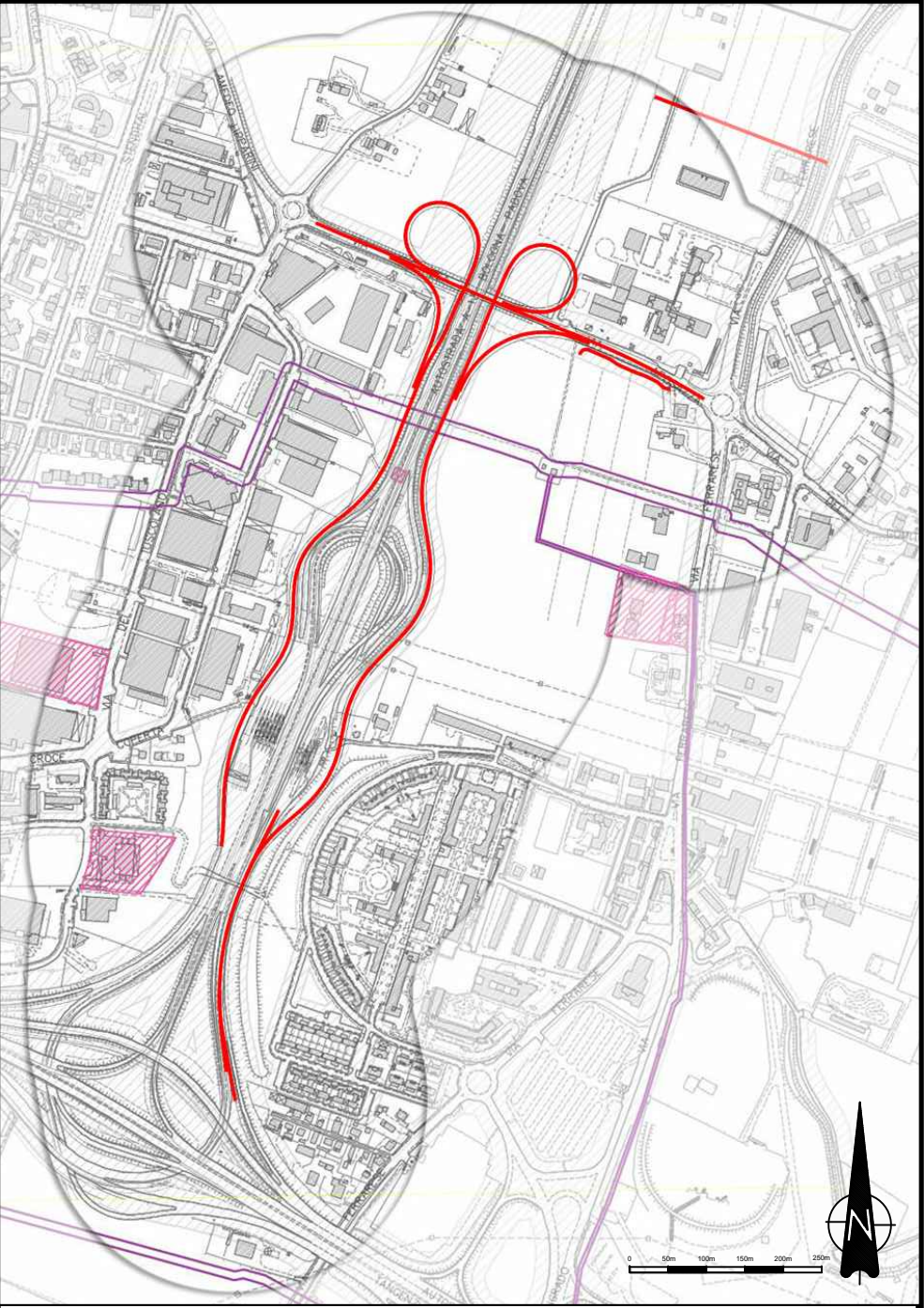




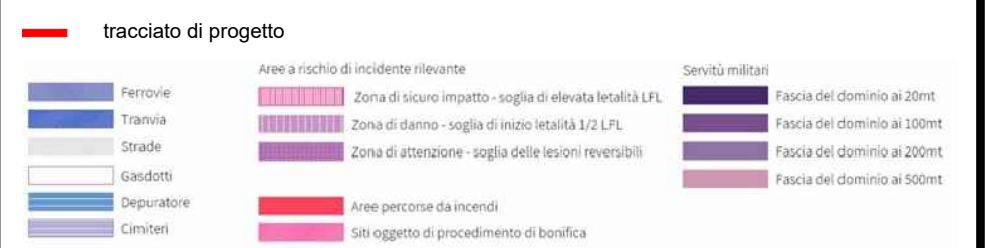
PUG - RISCHIO SISMICO

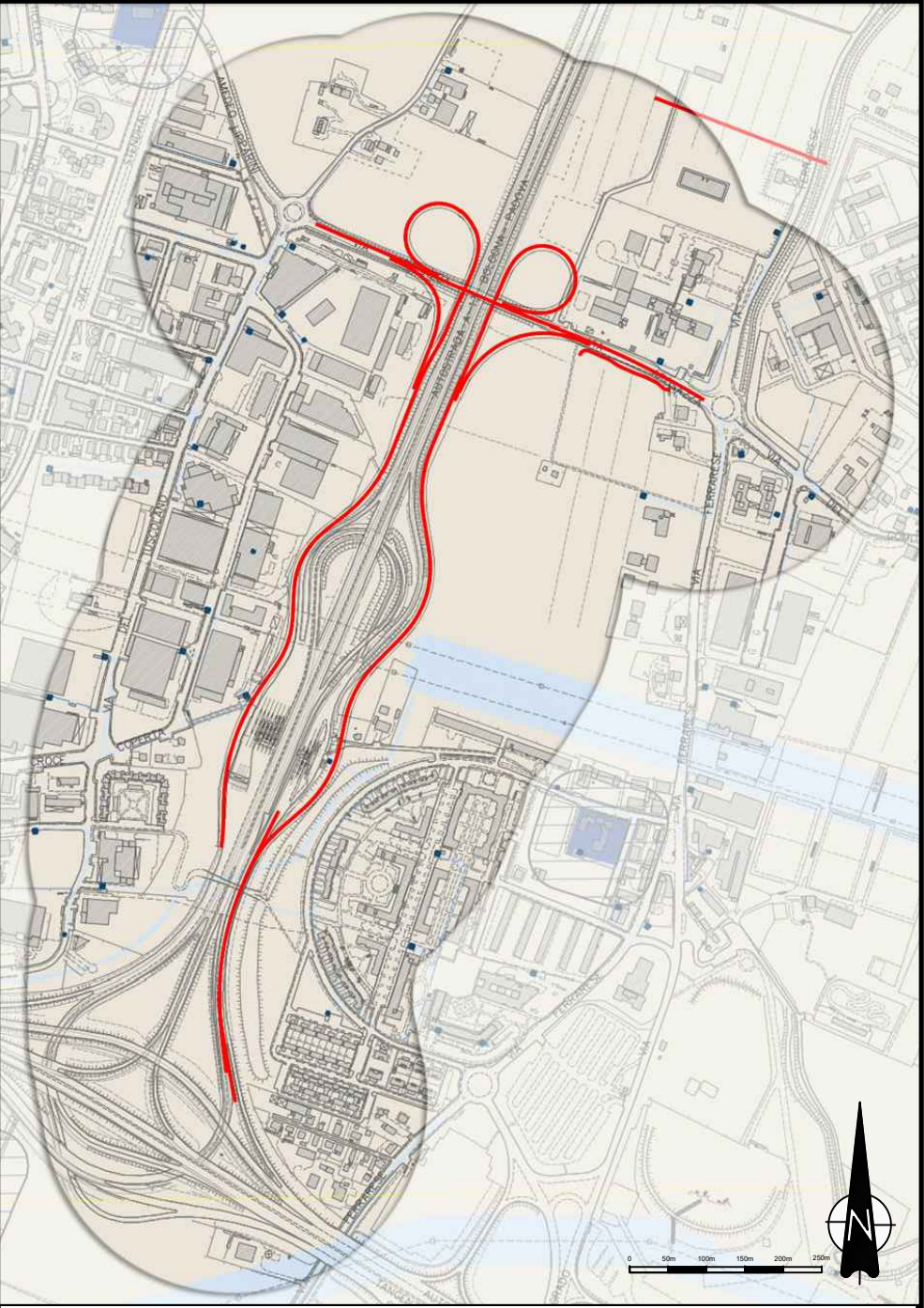
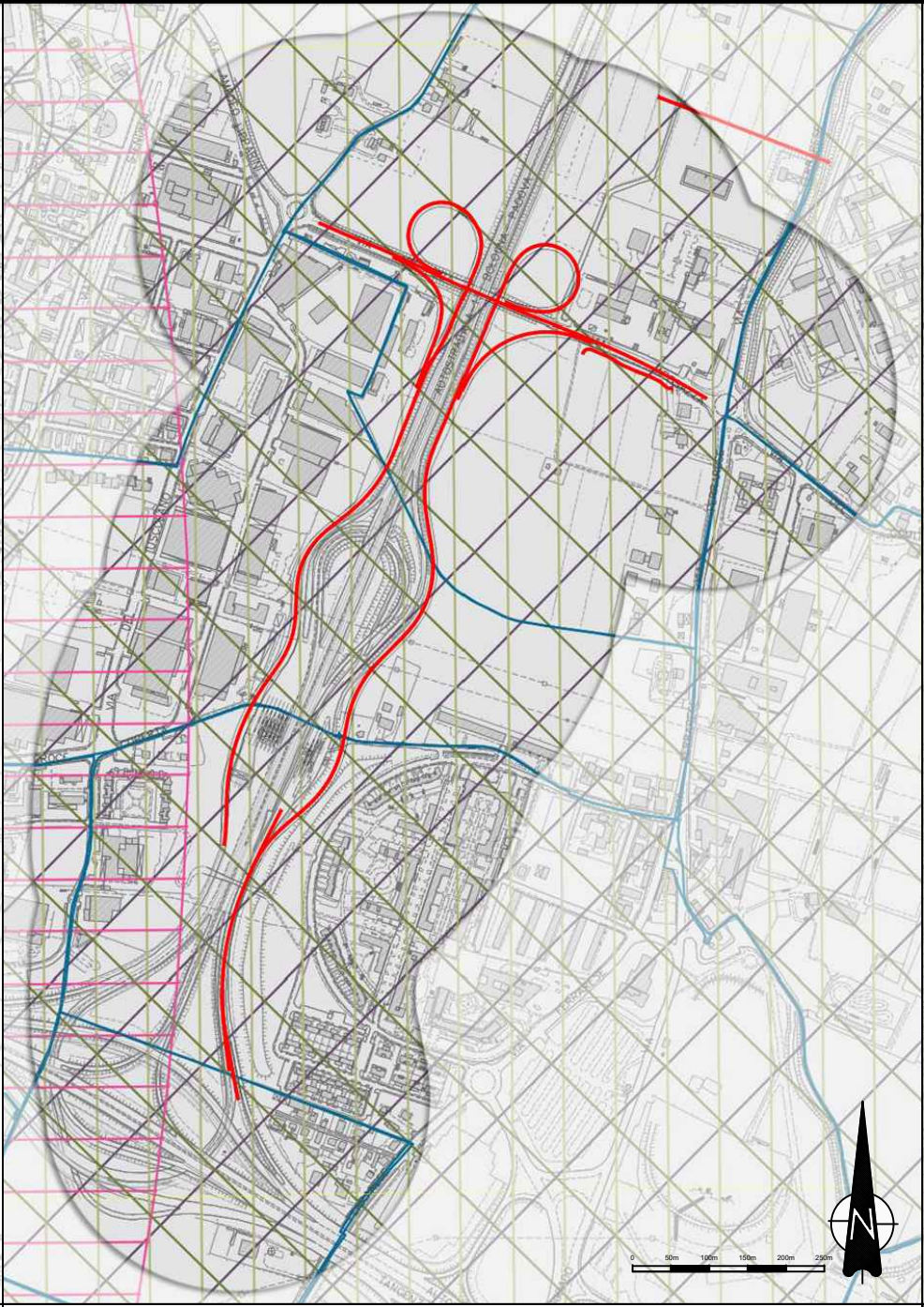
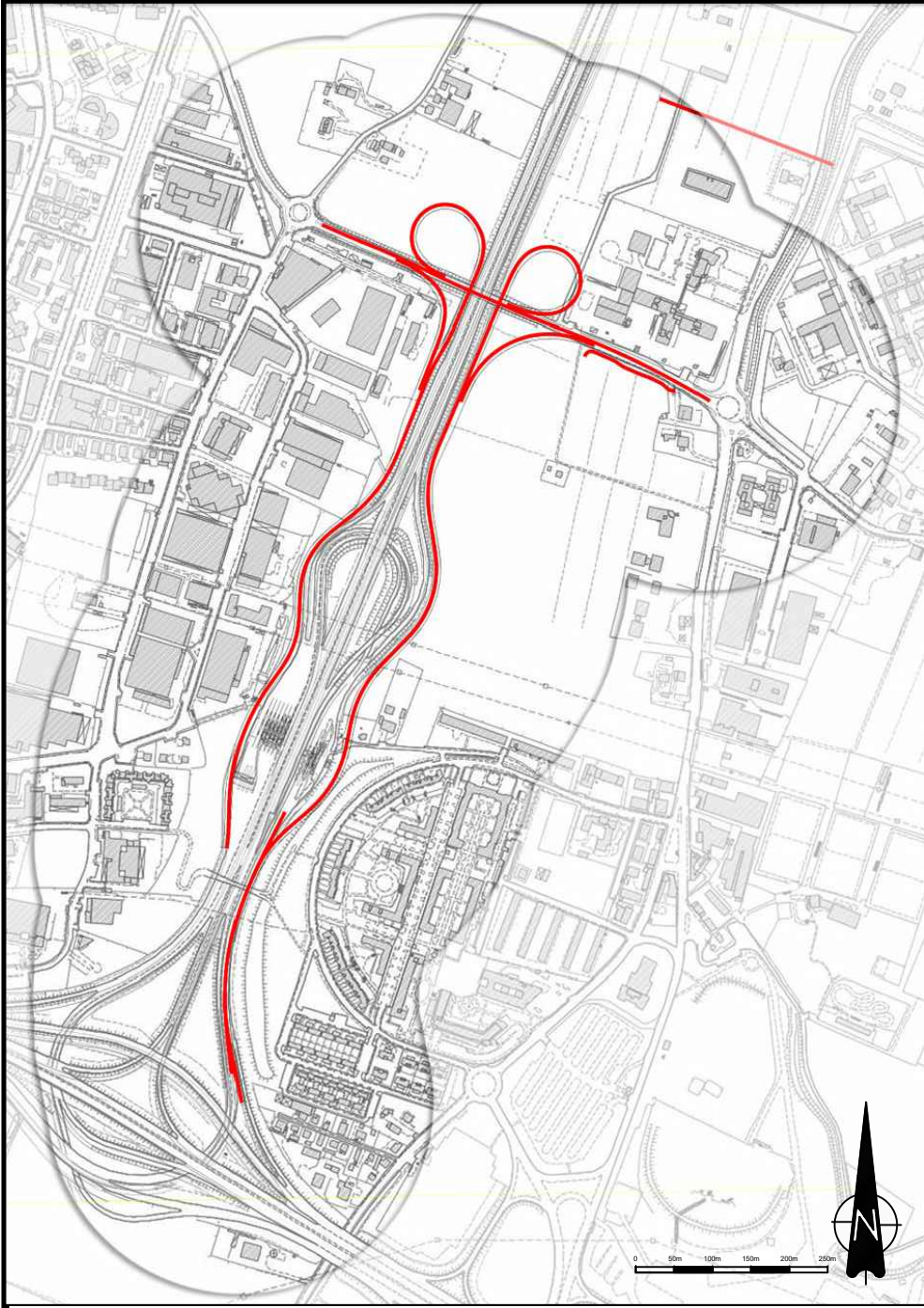


PUG - ECOSISTEMI NATURALI, LIMITAZIONI INTERVENTI ALL'ESTERNO DEL TU (PTM)



PUG - INFRASTRUTTURE, SUOLO, SERVITU'

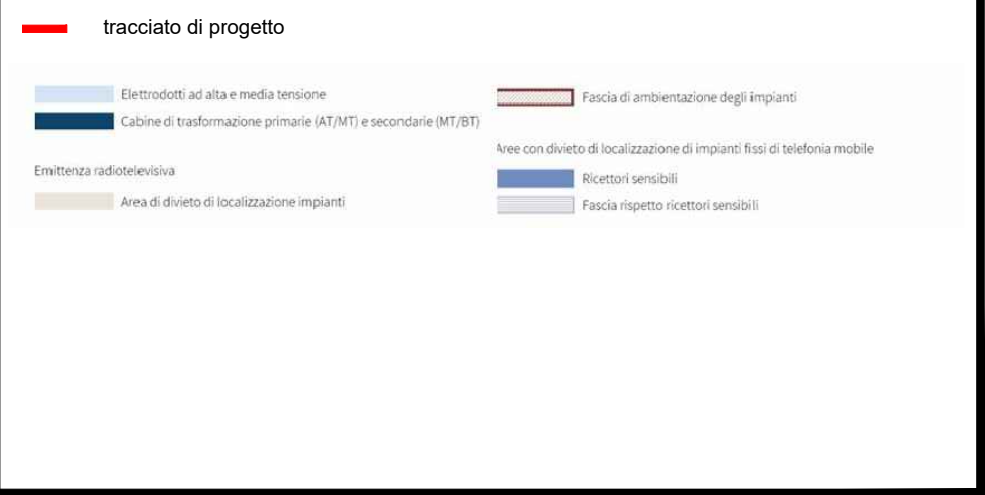
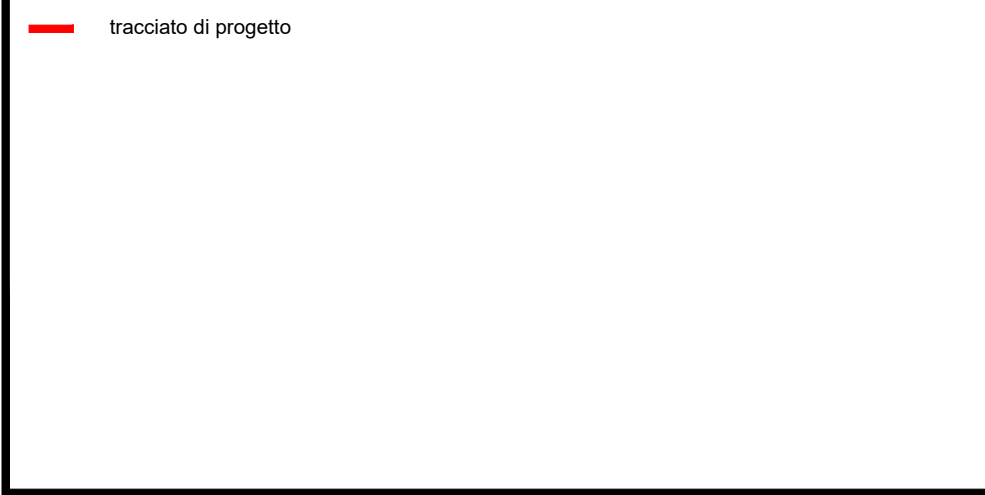


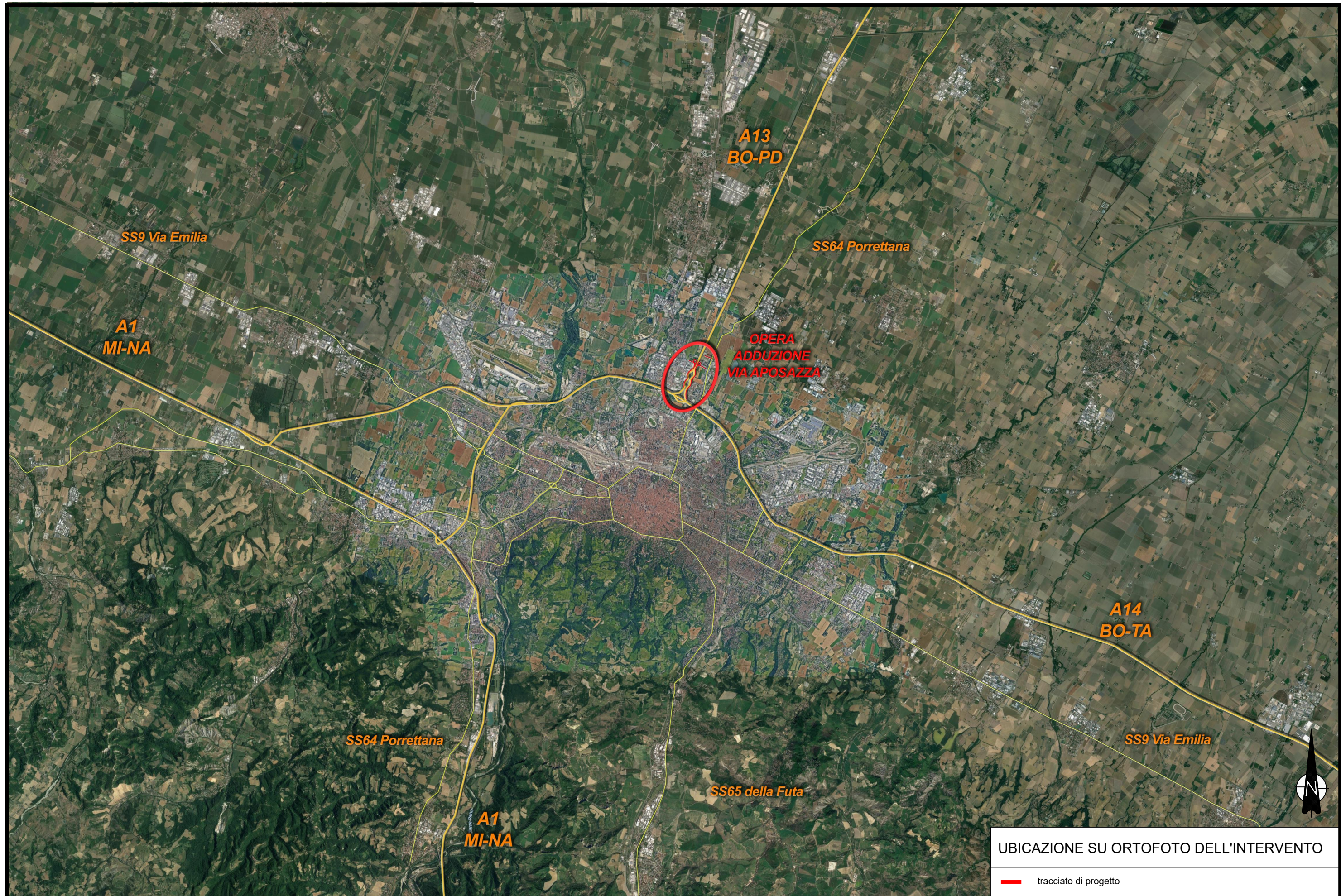


PUG - INFRASTRUTTURE PER LA NAVIGAZIONE AEREA 1

PUG - INFRASTRUTTURE PER LA NAVIGAZIONE AEREA 2

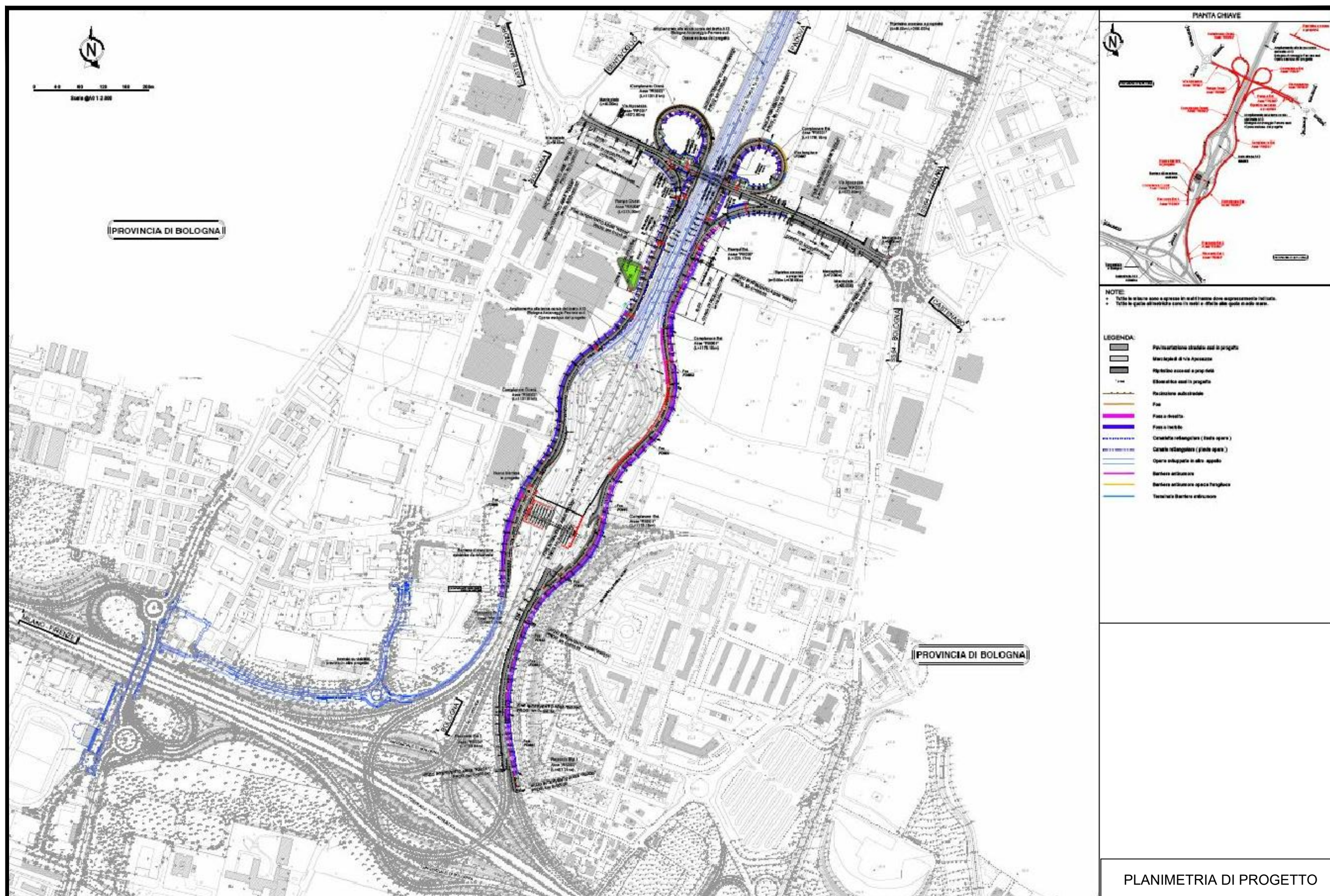
PUG - ELETTROMAGNETISMO





UBICAZIONE SU ORTOFOTO DELL'INTERVENTO

— tracciato di progetto



NOTE:
• Tutte le sezioni sono a sezione in scala 1:1000 dove espressamente indicato.
• Tutte le quote altimetriche sono in metri s.l.m. e riferite alla quota di base mare.

- LEGENDA:
- Perimetrazione stradale con la progetto
 - Marciapiedi di via Aposazza
 - Ripartizione accessi a proprietà
 - Edifici con la progetto
 - Perimetrazione autostradale
 - Foa
 - Foa a destra
 - Foa a sinistra
 - Canaletta rettangolare (fondo opera)
 - Canaletta rettangolare (prima opera)
 - Opere indagate in altro appalto
 - Barriera antistrada
 - Barriera antistrada opera tangenziale
 - Terminata Barriera antistrada



