



REGIONE ABRUZZO
CITTÀ DI MONTESILVANO
PROVINCIA DI PESCARA

REALIZZAZIONE, MANUTENZIONE E RIFIORITURA DI SCOGLIERE NELL'AMBITO DELLA
PROGRAMMAZIONE APPROVATA CON DGR N. 181 DEL 31.03.2021

Studio Idrodinamico

IL TECNICO



Daniela San Lorenzo
Ingegnere Idraulico

email: danielasanlor@gmail.com - pec: daniela.sanlorenzo@ingte.it
P.IVA: 01885620672





INDICE

1	PREMESSE	4
2	OBIETTIVI E APPROCCIO METODOLOGICO	5
2.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	5
2.2	IL MODELLO NUMERICO.....	5
2.3	APPROCCIO METODOLOGICO	7
3	IMPLEMENTAZIONE DELLE MODELLO NUMERICO	9
3.1	CONFIGURAZIONI DI SIMULAZIONE.....	9
SONO STATE, INOLTRE, CONSIDERATE DUE DIVERSE CONFIGURAZIONI DI PROGETTO.....		10
3.2	GRIGLIE DI CALCOLO	11
3.3	SCENARI DI SIMULAZIONE	12
4	ANALISI COMPARATIVA DEI RISULTATI NUMERICI	14
4.1	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO	14
4.2	LIVELLI DEL MARE.....	14
4.3	CIRCOLAZIONE COSTIERA.....	16
5	VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA MORFODINAMICA ATTESA A LUNGO TERMINE.....	18
6	OSSERVAZIONI CONCLUSIVE	21
7	CONFIGURAZIONE ATTUALE: RISULTATI NUMERICI	23
7.1	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA	24
7.2	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO	27
7.3	IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE.....	30
7.4	IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI.....	37
7.5	IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI	44
7.6	IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE.....	51
7.7	IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI	58
8	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO A: RISULTATI NUMERICI.....	65
8.1	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA	66
8.2	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO	69
8.3	IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE.....	72
8.4	IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI.....	79



Studio Idrodinamico

8.5	IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI	86
8.6	IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE	93
8.7	IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI	100
9	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO B: RISULTATI NUMERICI.....	107
9.1	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA	108
9.2	PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSO	111
9.3	IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE.....	114
9.4	IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI.....	121
9.5	IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI	128
9.6	IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE.....	135
9.7	IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI	142



1 PREMESSE

Con Determinazione del Responsabile del Servizio n. 59 del 07/02/2023 il Settore Patrimonio – Attività Tecnologiche e Protezione Civile del Comune di Montesilvano (PE) ha affidato all'Ing. Daniela San Lorenzo l'incarico professionale di riguardante la redazione dello studio Meteomarinario e dello studio Idrodinamico, nell'ambito dell'intervento denominato: *“Realizzazione, manutenzione e rifioritura di scogliere nell'ambito della programmazione approvata con DGR n. 181 del 31.03.2021 avente ad oggetto: Programmazione interventi infrastrutturali per la messa in sicurezza ed il rischio idrogeologico annualità 2021-2022; legge 30.12.2018, n. 145, att. 1 co. 134-135 e s.m.i., interventi a tutela della costa - finanziamento per l'anno 2022 di complessivi € 1.100.000,00”*

La presente relazione illustra lo Studio Idrodinamico finalizzato all'analisi dell'influenza idrodinamica (e quindi morfodinamica) dell'intervento.

Il rapporto è organizzato come segue. Nel successivo Capitolo 2 sono sintetizzati gli obiettivi dello studio e il suo approccio metodologico. Il Capitolo 3 illustra i dettagli dello studio numerico e il Capitolo 4 sintetizza gli aspetti salienti dello studio idrodinamico. Il Capitolo 5 riporta i risultati di alcune valutazioni speditive sulla morfodinamica a lungo termine. Il Capitolo 6 traccia alcune osservazioni conclusive. I Capitoli 7, 8 e 9 riportano tutti i risultati numerici ottenuti per ognuna delle configurazioni analizzate.



2 OBIETTIVI E APPROCCIO METODOLOGICO

2.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Lo studio idrodinamico descritto in questa relazione è finalizzato a quantificare gli effetti dell'intervento in epigrafe, sotto il profilo idrodinamico. Tali effetti permettono di evidenziare eventuali effetti (sia positivi, sia negativi), sulla qualità delle acque. Inoltre, è possibile individuare la presenza di strutture idrodinamiche a cui può associarsi un eventuale perdita sedimentaria verso il largo (ovvero deficit sedimentari irreversibili). Si osserva, inoltre, che i risultati possono essere di utilità per l'ottimizzazione della configurazione dell'intervento.

Alla luce degli obiettivi dello studio, è necessario identificare le condizioni che sono in grado di influenzare la qualità delle acque, da un lato, e la dinamica dei sedimenti, dall'altro. Da un punto di vista statistico, tali condizioni hanno una frequenza di apparizione piuttosto elevata, rientrando nella famiglia degli "eventi frequenti". Da un punto di vista fisico, le forzanti meteomarine in grado di influenzare la qualità delle acque e la dinamica dei sedimenti, sono costituite dalla propagazione del moto ondoso, dal verificarsi di eventi anemometrici locali, dall'eventuale interazione con il deflusso fluviale (nel caso specifico rappresentato dalla foce fluviale del Fiume Saline che rappresenta il limite settentrionale dell'area di intervento), dall'effetto dell'oscillazione astronomica dei livelli.

La stima delle caratteristiche dell'idrodinamica dell'area di intervento, così come effettuata nell'ambito di questo studio, è possibile con l'utilizzo di un modello numerico descritto nel paragrafo che segue.

2.2 IL MODELLO NUMERICO

Questo paragrafo ha l'obiettivo di descrivere sinteticamente il modello numerico utilizzato.

Da un punto di vista fenomenologico, il moto ondoso, a causa del fenomeno del frangimento, induce un sistema di correnti (circolazione costiera indotta). Analoghi sistemi di correnti costiere sono indotti dal vento. Si osserva, in linea generale, che la configurazione batimetrica influenza la circolazione costiera. Nel caso del moto ondoso, a titolo di esempio, la configurazione batimetrica influenza la propagazione e, conseguentemente, le spinte responsabili dell'instaurarsi della circolazione costiera. Il simultaneo verificarsi dei fenomeni di propagazione ondosa, dell'instaurarsi di un campo di circolazione costiera (e dell'evoluzione morfodinamica dei fondali) rende il problema intimamente correlato da un rapporto di causa-effetto reciproco: il moto ondoso, nella sua propagazione, induce una circolazione costiera che influisce sulla propagazione delle onde stesse. Tuttavia, è d'uso comune, per estensioni del dominio di calcolo estese come quella presa in esame, utilizzare un approccio disaccoppiato, soprattutto se si considera che l'effetto dell'idrodinamica sulla propagazione e il



frangimento del moto ondoso si verificano su scale temporali differenti e che le variazioni del campo d'onda dovuto alla corrente indotta dal moto ondoso sono limitate a causa della limitata intensità delle correnti che si verificano nel caso in studio.

Con l'obiettivo di riprodurre l'idrodinamica indotta dal moto ondoso, dagli eventi anemometrici e dall'interazione con il deflusso fluviale della vicina foce fluviale del Fiume Saline, nel presente studio è stato utilizzato il modello numerico XBeach (*Roelvink et al., 2009; XBeach Team, 2018*). Esso è un modello "open-source" che, per quanto di interesse nell'ambito di questo studio, simula i processi idrodinamici relativi alla propagazione delle onde corte (anche in presenza di oscillazione lunghe infragravitazionali) e all'idrodinamica non stazionaria indotta, nonché quelli riconducibili all'azione del vento sulla superficie libera. L'imposizione di adeguate condizioni al contorno permette, inoltre, di riprodurre l'effetto sull'idrodinamica costiera della presenza di foci fluviali.

Sviluppato da un gruppo di ricerca costituito da ricercatori provenienti da diversi enti (l'ente di ricerca olandese Deltares, l'Università di Delft e l'Università di Miami), lo strumento numerico appartiene alla famiglia dei modelli integrati sulla verticale (2DH, bidimensionali - 2D - sul piano orizzontale - H -). In linea generale, il modello numerico XBeach riproduce la propagazione del moto ondoso sotto costa, la circolazione costiera indotta, il trasporto sedimentario costiero e l'evoluzione morfodinamica. Nel caso in esame, gli aspetti connessi al trasporto solido non sono stati riprodotti poiché la riproduzione degli effetti a lungo termine possono essere valutati soltanto su base empirica (si veda il seguente Capitolo 5). Per quanto riguarda la propagazione del moto ondoso, il modello numerico risolve la cosiddetta equazione dell'azione d'onda considerando, senza pretesa di completezza, i fenomeni di rifrazione (dovuta a variazioni di fondale e alle correnti), di *shoaling*.

Senza entrare nei dettagli dell'implementazione del modello numerico, si sottolinea che esso è in grado di risolvere la mutua interazione tra le correnti indotte e la propagazione del moto ondoso, anche tenendo conto delle oscillazioni di lungo periodo. A tal fine, all'equazione di conservazione dell'azione d'onda, è accoppiata l'equazione dell'iconale. L'idrodinamica indotta dal moto ondoso è riprodotta risolvendo le equazioni delle onde non lineari in acqua bassa. Tale equazione si basa sull'ipotesi che possa essere trascurata la deviazione della distribuzione della pressione da quella idrostatica, così come sono trascurate le componenti verticali delle velocità, secondo un approccio di media generalizzata lagrangiana mediata sulla verticale (*GLM*). In estrema sintesi, le equazioni tengono conto degli effetti della forza di Coriolis, delle eventuali tensioni agenti sulla superficie libera, delle tensioni agenti sul fondo a causa della scabrezza del fondale e fornisce l'evoluzione spazio-temporale dei livelli medi e delle componenti cartesiane delle velocità euleriane.

Le equazioni sono risolte con il metodo delle differenze finite considerando l'accoppiamento tra il fenomeno di propagazione e quello idrodinamico tramite l'iterazione del modulo di propagazione e di quello di idrodinamica sino al raggiungimento della soluzione stazionaria.



Più nel dettaglio, l'idrodinamica è riprodotta grazie alla risoluzione delle equazioni delle onde non lineari in "acqua bassa", trascurando la deviazione della distribuzione della pressione da quella idrostatica (così come sono trascurate le componenti verticali della velocità), secondo un approccio di media generalizzata lagrangiana sulla verticale (GLM):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(U^L h)}{\partial x} + \frac{\partial(V^L h)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial U^L}{\partial t} + U^L \frac{\partial U^L}{\partial x} + V^L \frac{\partial U^L}{\partial y} - f_c V^L - \nu_h \left(\frac{\partial^2 U^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U^L}{\partial y^2} \right) + g \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{1}{\rho h} (\tau_{sx} + \tau_{bx}^E)$$

$$\frac{\partial V^L}{\partial t} + U^L \frac{\partial V^L}{\partial x} + V^L \frac{\partial V^L}{\partial y} - f_c U^L - \nu_h \left(\frac{\partial^2 V^L}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V^L}{\partial y^2} \right) + g \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{1}{\rho h} (\tau_{sy} + \tau_{by}^E)$$

L'apice "L" indica le grandezze lagrangiane, mentre l'apice "E" quelle euleriane. Nelle precedenti equazioni:

- t è il tempo;
- x, y sono le coordinate cartesiane;
- η è l'elevazione della superficie libera;
- h è la profondità totale;
- U, V sono le componenti cartesiane delle velocità medie sulla verticale;
- f_c è il coefficiente di Coriolis;
- ν_h è il coefficiente di viscosità di vortice orizzontale;
- τ_{sx}, τ_{sy} sono le componenti cartesiane dello sforzo tangenziale agente sulla superficie libera;
- τ_{bx}, τ_{by} sono le componenti cartesiane dello sforzo tangenziale agente al fondo.

Per un approfondimento tecnico sul modello numerico, si rimanda alla letteratura di settore (es. *XBeach Team, 2018*).

2.3 APPROCCIO METODOLOGICO

Per quanto premesso e sulla base della descrizione del modello numerico impiegato, è possibile esplicitare l'approccio metodologico utilizzato per raggiungere gli obiettivi dello studio.

L'analisi dell'effetto dell'intervento sull'idrodinamica, e conseguentemente sulla qualità delle acque e sulla morfodinamica a lungo termine, è effettuata su base comparativa tramite confronto con quanto ottenuto nella configurazione attuale dell'area.



La selezione degli scenari di simulazione discende dalla definizione degli obiettivi. Pertanto, sono riprodotti gli effetti di condizioni frequenti (ovvero con tempo di ritorno di pochi anni). In particolare, sono riprodotti gli effetti di mareggiate frequenti, di condizioni anemometriche frequenti, di deflussi fluviali frequenti. Le forzanti meteomarine sono riprodotte indipendentemente, a meno del deflusso fluviale, i cui effetti possono essere influenzati dalla presenza di vento. L'analisi comparativa degli effetti della componente astronomica dell'oscillazione dei livelli del mare non è effettuata poiché la configurazione dell'intervento è del tutto simile a quella attuale (a meno della distanza dalla linea di riva delle opere longitudinali emerse) e, quindi, è lecito affermare che la scala spaziale della propagazione della marea non venga verosimilmente influenzata dalla modifica strutturale delle opere (e quindi non sono influenzate in misura significativa le caratteristiche del ricambio idrico).



3 IMPLEMENTAZIONE DELLE MODELLO NUMERICO

3.1 CONFIGURAZIONI DI SIMULAZIONE

Sulla base della definizione degli obiettivi dello studio (valutazione comparativa degli effetti dell'intervento sull'idrodinamica locale e informazioni utili all'ottimizzazione dell'intervento), lo studio è basato sul confronto dei risultati ottenuti per tre diverse configurazioni.

La prima, denominata nel seguito "Configurazione Attuale", è costituita dall'attuale configurazione delle opere. Con riferimento alla Figura 3-1, essa è caratterizzata dalla presenza di una serie di opere emerse, con giacitura prossima alla direzione parallela alla linea di riva. La linea di riva ha la configurazione tipica delle spiagge protette da opere emerse interrotte da varchi. La batimetria evidenzia la presenza di salienti ben pronunciati che sono molto prossimi alla configurazione dei tomboli, con profondità molto limitate, che giungono fino alle opere emerse. In corrispondenza dei varchi, di estensione media pari a 30 m, è evidente la presenza di aree a profondità maggiori. L'estremo nord dell'area è caratterizzato dalla presenza di un'opera trasversale di armatura della foce fluviale del Fiume Saline. L'opera di armatura mostra la presenza di un prolungamento che limita le perdite sedimentarie verso il largo.

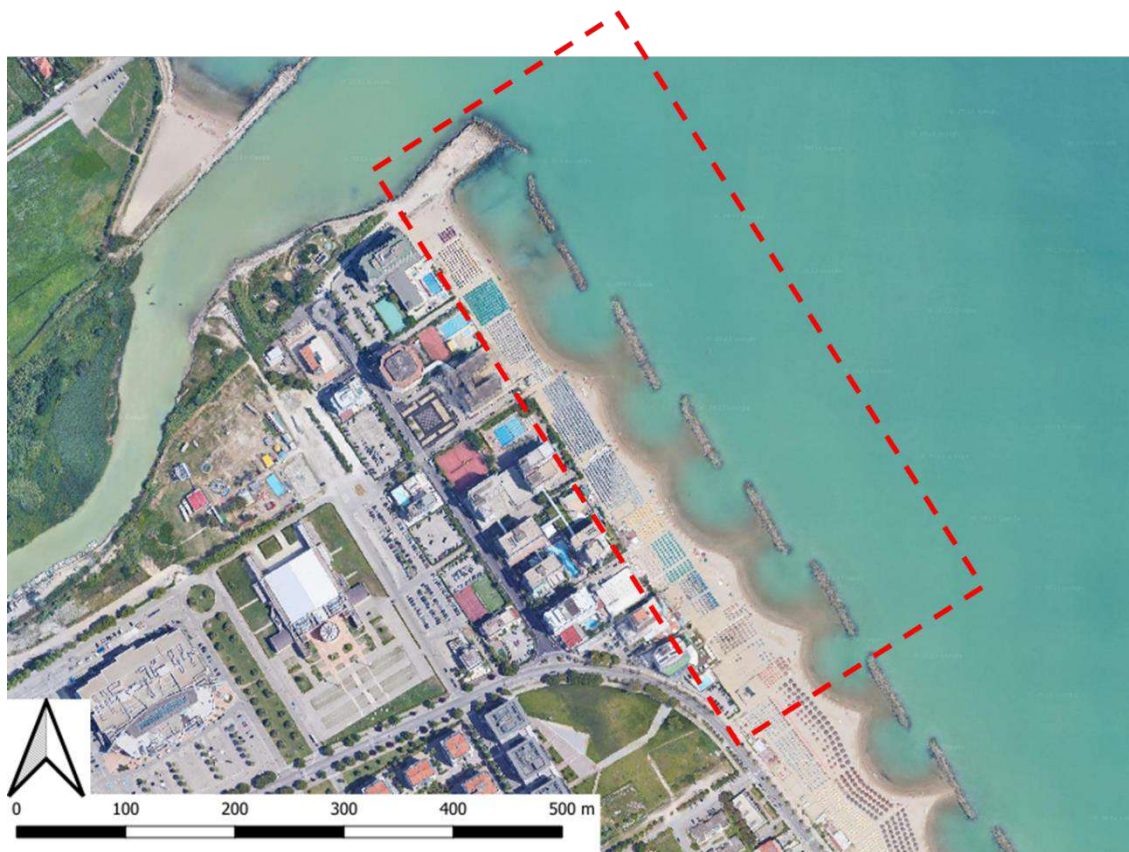


Figura 3-1: Configurazione Attuale dell'area di intervento.



Sono state, inoltre, considerate due diverse configurazioni di progetto.

La prima configurazione di progetto, indicata nel seguito come “Configurazione di progetto A”, è costituita dalla rimozione delle quattro opere più settentrionale e contestuale posa in opera di quattro opere longitudinali emerse a distanza maggiore dalla linea di riva. Inoltre, è previsto il prolungamento dell’opera di armatura della foce fluviale e la rimodellazione della batimetria immediatamente a ridosso dell’attuale linea di riva. Con riferimento alla Figura 3-2, le nuove opere longitudinali hanno una lunghezza di 95 m e l’ampiezza dei varchi è pari a 30 m. La distanza delle nuove opere dalla linea di riva è pari a circa 120 m.



Figura 3-2: Configurazione di Progetto “A”.

La seconda configurazione di progetto, indicata nel seguito come “Configurazione di progetto B”, è simile alla precedente, fatta eccezione per una barriera sommersa che collega l’armatura della foce fluviale alla più settentrionale delle nuove opere emerse (Figura 3-3).



Figura 3-3: Configurazione di Progetto "B".

3.2 GRIGLIE DI CALCOLO

Il dominio di calcolo è stato selezionato con il fine di rappresentare di intervento. Al fine di limitare gli effetti dei contorni laterali, tuttavia, l'estensione del dominio è ben maggiore. Con lo stesso scopo, il passo di discretizzazione della griglia alle differenze finite non è uniforme per tutto il dominio di calcolo.

Più nel dettaglio, tutte le simulazioni sono state effettuate riproducendo un'area di estensione, lungo la direzione parallela alla costa, pari a circa 2'520 m e nella direzione trasversale alla costa pari a circa 2'000 m. L'area di interesse, di estensione longitudinale pari a 1'000 m e trasversale pari a 320 m, è stata discretizzata con un passo uniforme pari a 5 m. Per limitare gli effetti dei contorni, lungo la direzione longitudinale sono state implementate due aree di transizione, di estensione longitudinale pari a 750 m ciascuna e passo di discretizzazione spaziale linearmente crescente da 5 m a 30 m. Allo stesso modo, lungo la direzione trasversale, è stata implementata una discretizzazione linearmente decrescente da 5 m a 30 m di estensione totale pari a circa 1700 m.

In sintesi, il dominio di calcolo si estende per circa 2'520 m lungo la direzione longitudinale alla linea di riva e per circa 2'050 m lungo la direzione trasversale, per un'estensione totale di circa 5.2 km². Il



numero dei nodi di calcolo raggiunge il valore pari a 27'032 (249 lungo la direzione longitudinale, 110 lungo la direzione trasversale), di cui 12'800 concentrati nell'area di interesse ad alta risoluzione. La discretizzazione spaziale in corrispondenza dell'area di intervento è pari a 5 m.

La normale alla giacitura media della linea di riva è diretta lunga la direzione 325°N.

La configurazione batimetrica è stata ottenuta sulla base dei rilievi batimetrici effettuati ad hoc (per l'area in esame) e dal database Emodnet (per l'area a grande scala).

La Figura 3-4, mostra, a puro titolo esemplificativo, la distribuzione dei nodi di calcolo utilizzata per le simulazioni per la configurazione attuale.

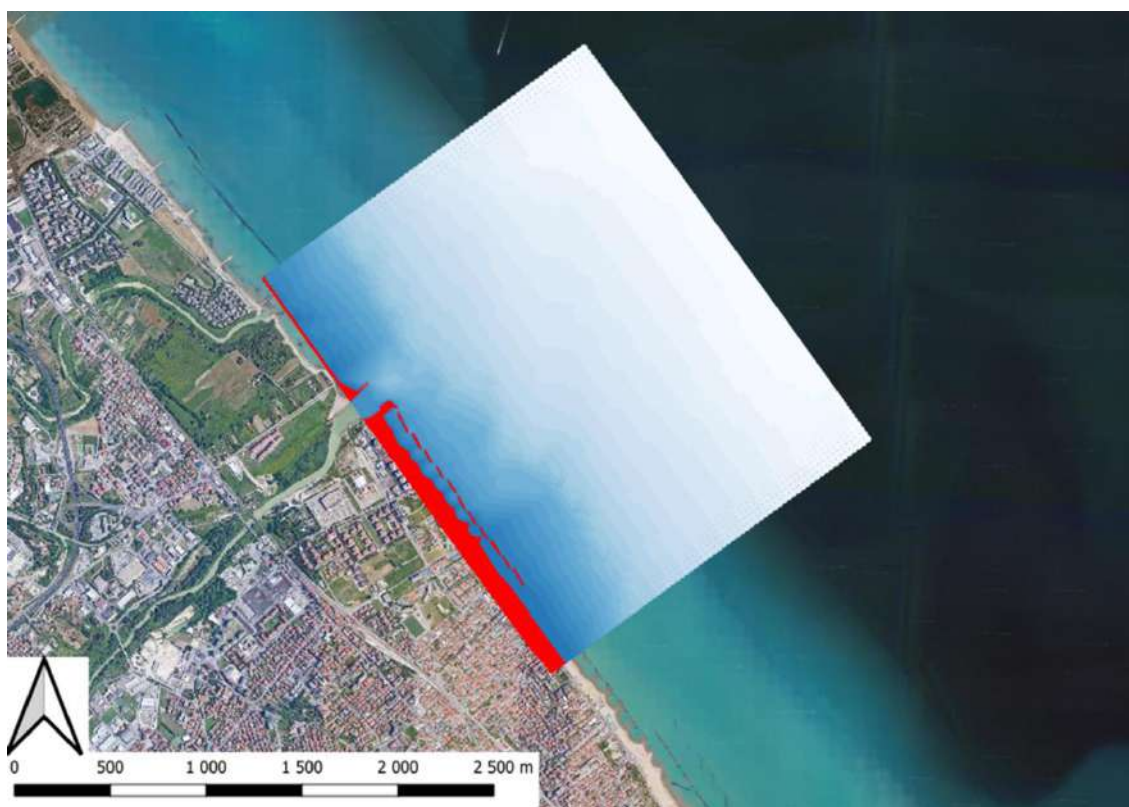


Figura 3-4: Implementazione della griglia di calcolo per la configurazione attuale.

3.3 SCENARI DI SIMULAZIONE

Alla luce di quanto anticipato, gli scenari di simulazione sono stati definiti con l'obiettivo di riprodurre condizioni frequenti, per quanto riguarda le forzanti che maggiormente influenzano l'idrodinamica nell'area di intervento, e che potenzialmente influenzano la qualità delle acque di balneazione e la morfodinamica a lungo termine.

Con riferimento alla Tabella 3-1, e con riferimento ai risultati dello Studio Meteomarino, sono state riprodotte le condizioni al contorno che rappresentano mareggiate frequenti (tempo di ritorno pari a 2 anni, scenari di simulazione SC-1 e SC-2) e gli eventi anemometrici frequenti (tempo di ritorno pari



Studio Idrodinamico

a 2 anni, scenari di simulazione SC-3 e SC-4). Inoltre, è stato riprodotto l'effetto del deflusso fluviale del Fiume Saline (scenario di simulazione SC-5), anche sovrapposto ad un evento anemometrico frequente (scenario di simulazione SC-6), facendo riferimento alle stime statistiche della portata desunte dal Piano Stralcio Difesa Alluvioni della Regione Abruzzo che, per il Fiume Saline, indica una portata con tempo di ritorno di 20 anni pari a 700 m³/s. Il valore della portata selezionata (pari a 350 m³/s) è, pertanto, interpretabile come una portata frequente con tempo di ritorno di qualche anno.

Tabella 3-1: Scenari di simulazione.

Scenario di simulazione	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°N)	W (m/s)	Dir-W (°N)	Q (m ³ /s)
SC-1	4.80	9.5	40	=	=	=
SC-2	4.30	9.1	55	=	=	=
SC-3	=	=	=	12	30	=
SC-4	=	=	=	15	70	=
SC-5	=	=	=	=	=	350
SC-6	=	=	=	12	30	350



4 ANALISI COMPARATIVA DEI RISULTATI NUMERICI

I risultati numerici ottenuti per tutti gli scenari e per tutte le configurazioni, per un totale di 18 simulazioni, sono riportati nei Capitoli 7, 8 e 9.

Questo paragrafo ha l'obiettivo di riportare i risultati salienti dell'analisi comparativa dei risultati numerici.

4.1 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSONO

Per quanto concerne l'influenza dell'intervento sulla propagazione del moto ondoso, si può osservare che l'allontanamento delle opere longitudinali non influenza significativamente l'attenuazione del moto ondoso nella zona protetta. Con riferimento alla Figura 4-1, riferita allo scenario SC-1 (ma risultati simili si ottengono per lo scenario SC-2, si vedano i Capitoli 6,7 e 8), si può osservare che entrambe le configurazioni di progetto presentano un'altezza d'onda (in figura è riportato il valore dell'altezza d'onda quadratica media) limitata. Può osservarsi, tuttavia, che l'allontanamento delle opere longitudinali induce un incremento dell'area esposta all'ingresso delle onde attraverso i varchi. Il confronto tra la configurazione di progetto A e la configurazione di progetto B permette di apprezzare la maggiore attenuazione del moto ondoso nel tratto settentrionale per la seconda configurazione, dovuta alla presenza della barriera sommersa che collega l'opera di armatura della foce fluviale all'opera emersa più settentrionale.

4.2 LIVELLI DEL MARE

Per quanto concerne l'influenza dell'intervento sui livelli del mare, si osserva che l'entità del sovrizzo è trascurabile (limitato a qualche centimetro) per gli scenari che descrivono l'idrodinamica indotta dal vento e dal deflusso fluviale (scenari SC-3, SC-4, SC-5 e SC-6). Per quanto concerne la variazione dei livelli indotta dalla propagazione delle onde, si osserva che l'intervento induce un lieve incremento dei livelli che, comunque, non supera i 2 cm. Nella configurazione attuale, il massimo valore del sovrizzo si osserva per lo scenario SC-1 (si vedano la Figura 4-2 e Figura 4-3), e raggiunge un'entità pari a circa +0.40 m in corrispondenza della linea di riva. Nelle configurazioni di progetto, pur rimanendo il sovrizzo indotto sostanzialmente invariato, si incrementa l'estensione del tratto di litorale soggetto al sovrizzo (ancora pari a circa +0.40 m).



Studio Idrodinamico

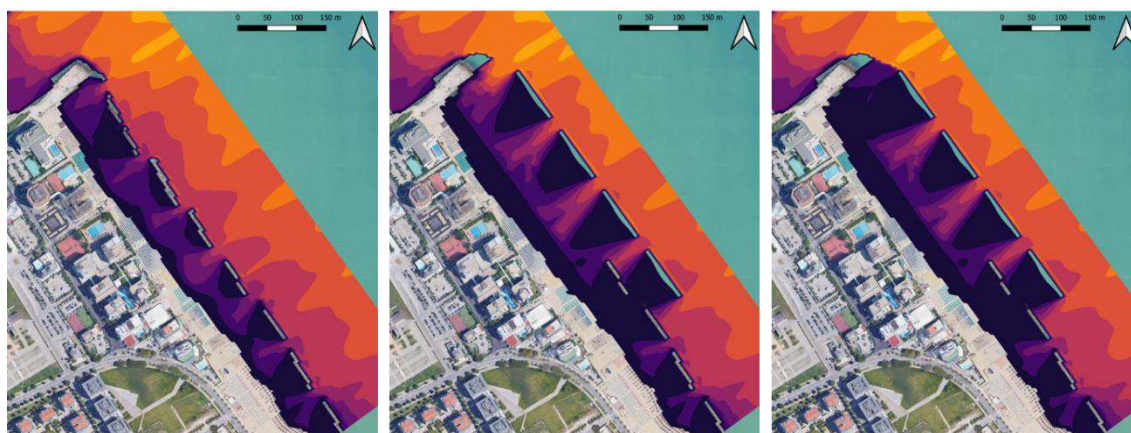
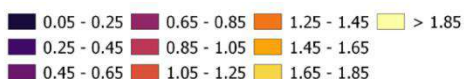


Figura 4-1: Scenario SC-1. Distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media per la configurazione attuale (grafico a sinistra), per la configurazione di progetto "A" (grafico al centro) e per la configurazione di progetto "B".

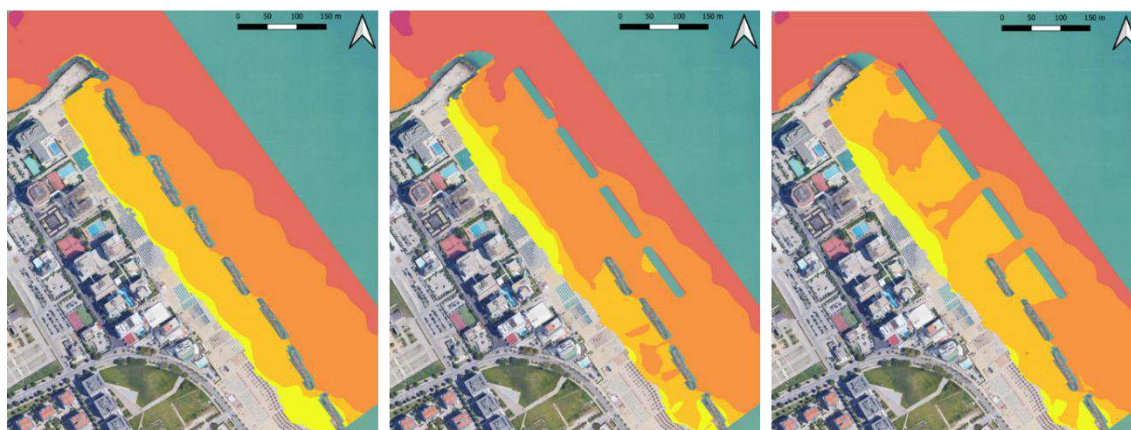
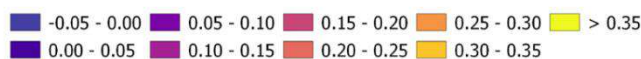


Figura 4-2: Scenario SC-1. Distribuzione dei livelli del mare per la configurazione attuale (grafico a sinistra), per la configurazione di progetto "A" (grafico al centro) e per la configurazione di progetto "B".

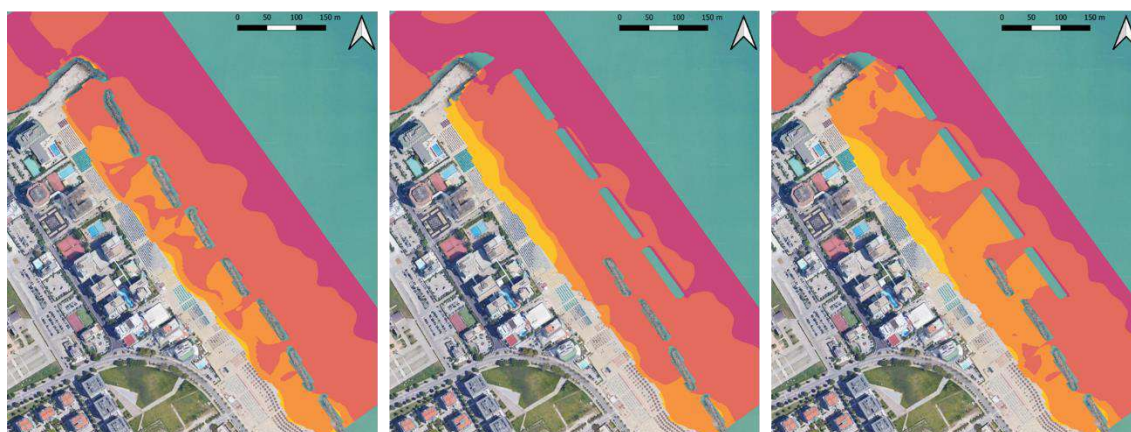


Figura 4-3: Scenario SC-2. Distribuzione dei livelli del mare per la configurazione attuale (grafico a sinistra), per la configurazione di progetto "A" (grafico al centro) e per la configurazione di progetto "B".



4.3 CIRCOLAZIONE COSTIERA

Con riferimento alle correnti che interessano l'area costiera, si rimanda ai Capitoli 7, 8 e 9 per i risultati di dettaglio.

In linea generale, si osserva che le correnti più intense si verificano per gli scenari SC-1 e SC-2, riguardanti la stima degli effetti delle mareggiate (frequenti). Gli scenari finalizzati a quantificare gli effetti degli eventi anemometrici evidenziano il verificarsi di correnti di lievi intensità e che non vengono significativamente influenzate dalla modifica delle opere, mantenendo quindi verosimilmente inalterate le caratteristiche del ricambio idrico dell'area. Parimenti, gli scenari finalizzati a quantificare gli effetti del deflusso fluviale non appaiono essere significativamente influenzati dalla modifica della configurazione delle opere.

Per quanto riguarda gli scenari relativi alle mareggiate, è importante evidenziare l'influenza della configurazione di progetto sul sistema di correnti che, dirette verso il largo, sono potenzialmente in grado di essere responsabili di perdite sedimentarie.

Con riferimento alla Figura 4-4 e alla Figura 4-5, si osserva che, per la configurazione di progetto A, si verifica una corrente diretta verso il largo in corrispondenza del varco tra l'opera di armatura della foce e la più settentrionale delle opere longitudinali. Tale corrente, non significativa nella configurazione attuale, è notevolmente ridotta nella configurazione di progetto B ove appaiono, invece, correnti in uscita dagli altri varchi (ma comunque comparabili a quelle che si verificano nella configurazione attuale).



Studio Idrodinamico

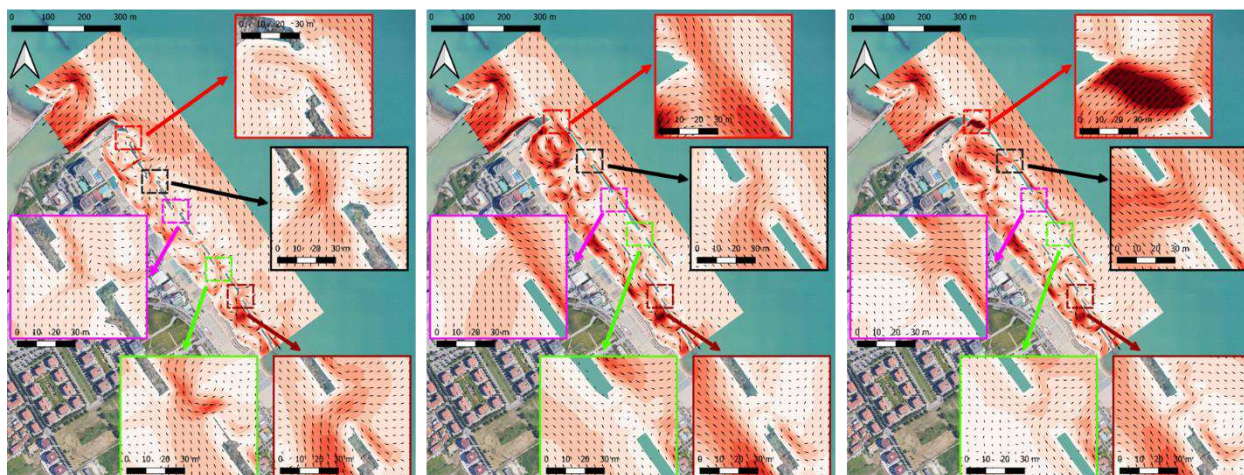


Figura 4-4: Scenario SC-1. Dettaglio dell'idrodinamica in corrispondenza dei varchi. La scala dei colori indica l'intensità di velocità.

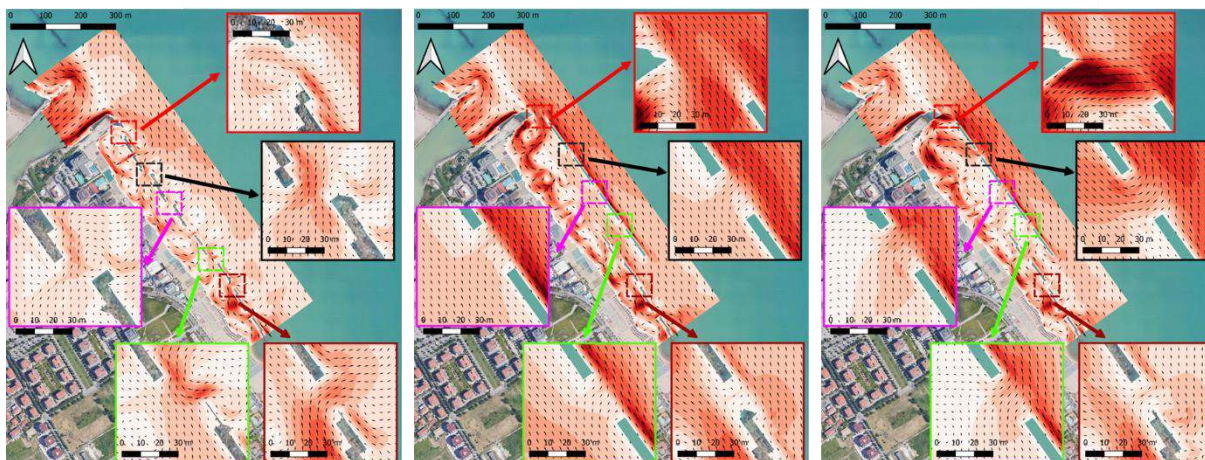


Figura 4-5: Scenario SC-2. Dettaglio dell'idrodinamica in corrispondenza dei varchi. La scala dei colori indica l'intensità di velocità.



5 VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA MORFODINAMICA ATTESA A LUNGO TERMINE

L'evoluzione a lungo termine a tergo di opere emerse può essere valutata soltanto per configurazioni semplificate e con condizioni al contorno facilmente riproducibili. Nel caso in esame, è possibile riferirsi, piuttosto, a considerazioni empiriche basate su osservazioni di campo.

In particolare, è possibile utilizzare le osservazioni specifiche dell'area in esame in relazione all'evoluzione morfodinamica a lungo termine osservata a tergo delle opere attualmente presenti.

In linea generale, la risposta morfodinamica a lungo termine dei litorali protetti da barriere longitudinali emerse può tradursi in una sostanziale assenza di risposta morfodinamica, ovvero nel verificarsi di un avanzamento. In quest'ultimo caso, a seconda dell'entità dell'avanzamento, si è soliti riferirsi alla formazione di salienti, ovvero di tomboli. Nel primo caso, tipicamente preferibile al secondo per questioni legate alla qualità delle acque costiere e alla relativa fruizione balneare, si osserva un'estroflessione della linea di riva che, tuttavia, non raggiunge l'opera di difesa. Quando il saliente si congiunge con l'opera, si verifica la tombolizzazione della linea di riva, con effetti negativi sulla qualità delle acque.

La risposta morfodinamica è influenzata dai seguenti parametri (*Coastal Engineering Manual, 2002*):

- distanza dalla linea di riva (Y)
- lunghezza delle opere longitudinali (L_s);

e, secondariamente, dai seguenti parametri:

- larghezza dei varchi (L_g);
- profondità (media) in corrispondenza delle opere (d_s).

Esperienze passate hanno mostrato che per rapporti L_s/Y superiori ad un valore compreso nell'intervallo $1 \div 2$ indicano la probabilità di formazione di tomboli. Per valori inferiori, sino al limite di circa 0.5, è possibile prevedere la formazione di un saliente. In generale, un valore del rapporto L_s/Y inferiore a $0.125 \div 0.330$ non induce una significativa influenza morfodinamica sul litorale.

È stato proposto l'utilizzo di un indice I_s di risposta morfodinamica (Ahrens e Cox, 1990) che permette, pur in via qualitativa, di stimare l'entità della risposta morfodinamica:

$$I_s = \exp(1.72 - 0.41 L_s/Y)$$



Rispetto al quale si osserva che:

- Is = 1: formazione permanente di tomboli
- Is = 2: formazione periodica di tomboli
- Is = 3: formazione di salienti ben sviluppati
- Is = 4: formazione di salienti poco sviluppati
- Is = 5: assenza di risposta morfodinamica significativa

L'influenza della profondità di imbasamento delle opere e della larghezza dei varchi è stata indagata da Pope e Dean (1986) che hanno fornito l'abaco riportato in Figura 5-1 (ove sono altresì indicati valori relativi alla configurazione attuale e a quella di progetto).

In particolare, si osserva che le opere hanno attualmente un'estensione compresa tra 70 m e 120 m. La distanza media dalla linea di riva è pari a circa 70 m. La larghezza dei varchi è di circa 30 m. La profondità di imbasamento delle opere è circa pari a 2 m.

Nella configurazione di progetto, l'estensione delle opere longitudinale è pari a 95 m, la distanza media dalla linea di riva è pari a 120 m, la larghezza dei varchi è di 30 m, la profondità di imbasamento è pari a circa 2.7 m.

Nella configurazione attuale, il rapporto Ls/Y è compreso tra 1.0 e 1.7. L'indice di risposta morfodinamica è compreso tra 2.8 e 3.7. Il rapporto Y/ds è pari a 35. Il rapporto Ls/Lg è compreso tra 2.3 e 4.0.

Nella configurazione di progetto, il rapporto Ls/Y è circa pari a 0.80. L'indice di risposta morfodinamica è circa pari a 4.0. Il rapporto Y/ds è pari a circa 45. Il rapporto Ls/Lg è circa pari a 3.2.

La Figura 5-1 mostra la previsione della risposta morfodinamica sia nella configurazione attuale, sia nella configurazione di progetto, così come suggerito da Pope e Dean (1986).

La Tabella 5-1 sintetizza i parametri caratteristici della configurazione attuale e della configurazione di progetto. La Tabella 5-2 mostra una sintesi della valutazione speditiva dell'evoluzione morfodinamica a lungo termine dell'area di intervento.

Si può osservare che i metodi utilizzati forniscono una stima dell'evoluzione a lungo termine della configurazione attuale congruente con le osservazioni di campo. Infatti, l'applicazione di tutti i metodi suggerisce la formazione di salienti ben sviluppati, ovvero di tomboli, congruente con le osservazioni. Fa eccezione il metodo basato sull'utilizzo dell'indice di risposta morfodinamica (Ahrens e Cox, 1990) che indica la formazione di salienti anche poco sviluppati.



Studio Idrodinamico

L'applicazione degli stessi metodi alla configurazione di progetto, indica una generale diminuzione della probabilità della formazione di tomboli, ma suggerisce la probabilità che si verifichi un saliente.

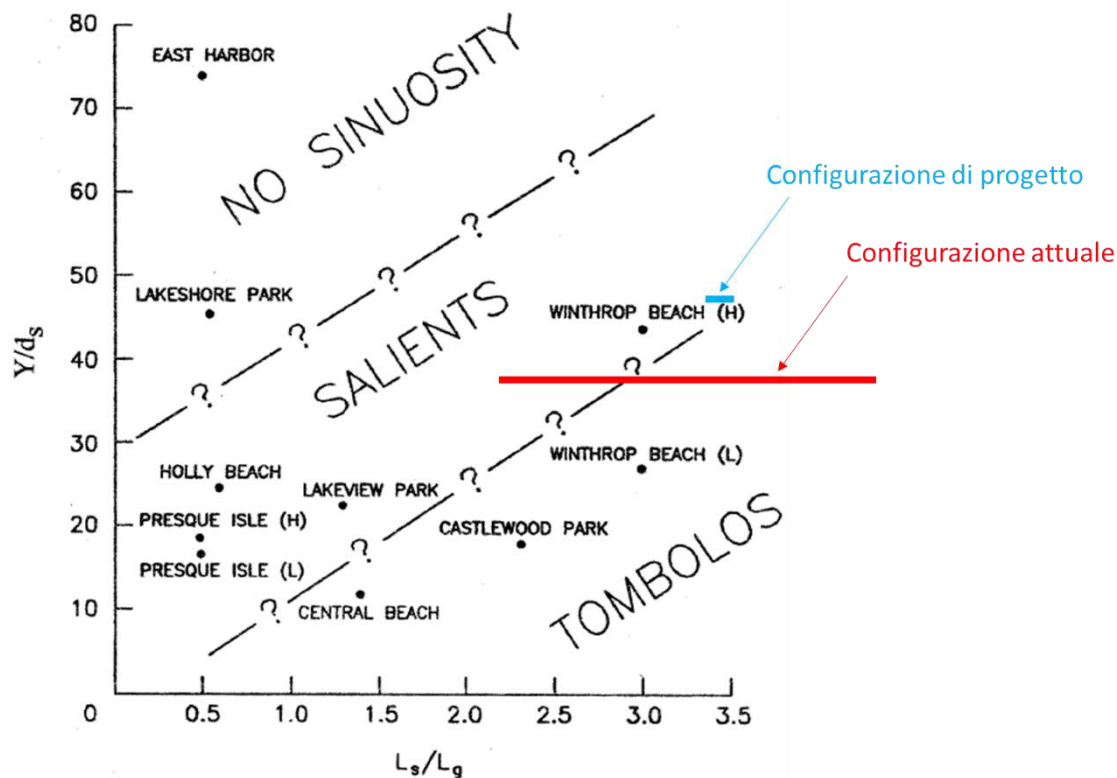


Figura 5-1: Stima della risposta morfodinamica a lungo termine secondo Pope e Dean (1986).

Tabella 5-1: Parametri caratteristici della configurazione attuale e di quella di progetto.

Configurazione	L_s/Y	I_s	Y/d_s	L_s/L_g
Attuale	1.00÷1.70	2.8÷3.7	35	2.3÷4.0
Di progetto	0.80	4.0	45	3.2

Tabella 5-2: Risultati della previsione speditiva secondo i metodi di letteratura (CEM, 2002).

Configurazione	L_s/Y	I_s	Pope e Dean (1986)	Osservazioni di campo
Attuale	Tombolo	Salienti	Saliente/tombolo	Formazione di salienti ben sviluppati/tomboli periodici
Di progetto	Saliente	Salienti poco sviluppati	Saliente	=



6 OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio idrodinamico illustrato in questo documento ha l'obiettivo di effettuare l'analisi comparativa rispetto a tre configurazioni, di seguito descritte.

- Configurazione attuale: caratterizzata dalla presenza di una serie di opere emerse, con giacitura prossima alla direzione parallela alla linea di riva. La linea di riva ha la configurazione tipica delle spiagge protette da opere emerse interrotte da varchi. La batimetria evidenzia la presenza di salienti ben pronunciati che sono molto prossimi alla configurazione dei tomboli con profondità molto limitate che giungono fino alle opere emerse. In corrispondenza dei varchi, di estensione media pari a 30 m, è evidente la presenza di aree a profondità maggiori. L'estremo nord dell'area è caratterizzato dalla presenza di un'opera trasversale di armatura della foce fluviale del Fiume Saline. L'opera di armatura mostra la presenza di un prolungamento che limita le perdite sedimentarie verso il largo.
- Configurazione di progetto "A": costituita dalla rimozione delle quattro opere più settentrionale e contestuale posa in opera di quattro opere longitudinali emerse a distanza maggiore dalla linea di riva. Inoltre, è previsto il prolungamento dell'opera di armatura della foce fluviale e la rimodellazione della batimetria immediatamente a ridosso dell'attuale linea di riva. Con riferimento alla Figura 3 2, le nuove opere longitudinali hanno una lunghezza di 95 m e l'ampiezza dei varchi è pari a 30 m. La distanza delle nuove opere dalla linea di riva è pari a circa 120 m.
- Configurazione di progetto "B": simile alla precedente, fatta eccezione per una barriera sommersa che collega l'armatura della foce fluviale alla più settentrionale delle nuove opere emerse.

L'analisi comparativa dei risultati delle simulazioni permette di tracciare alcune osservazioni di sintesi.

- L'allontanamento delle opere longitudinali, per entrambe le configurazioni di progetto, non influenza significativamente l'attenuazione del moto ondoso nella zona protetta con un incremento dell'area esposta all'ingresso delle onde attraverso i varchi.



Studio Idrodinamico

- Il confronto tra la configurazione di progetto A e la configurazione di progetto B permette di apprezzare la maggiore attenuazione del moto ondoso nel tratto settentrionale per la seconda configurazione, dovuta alla presenza della barriera sommersa che collega l'opera di armatura della foce fluviale all'opera emersa più settentrionale.
- In termini di sovrizzo indotto dal moto ondoso, nelle configurazioni di progetto, pur rimanendo il sovrizzo indotto sostanzialmente invariato, si incrementa l'estensione del tratto di litorale soggetto al sovrizzo.
- In termini di ricambio idrico, entrambe le configurazioni di progetto non inducono variazioni sostanziali dell'intensità di velocità rispetto alla configurazione attuale, con una tendenza al miglioramento (ovvero con un incremento dell'intensità delle correnti nell'area protetta).
- Nella configurazione di progetto A, si verifica una corrente in corrispondenza del varco tra l'opera di armatura della foce e la più settentrionale delle opere longitudinali. Tale corrente può avere un potenziale effetto di perdita sedimentaria verso il largo.
- Nella configurazione di progetto B, non si verifica la corrente in corrispondenza del varco tra l'opera di armatura della foce e la più settentrionale delle opere longitudinali a favore di correnti, meno intense, in uscita dagli altri varchi (con caratteristiche simili a quanto stimato per la configurazione attuale).
- La stima empirica della tendenza evolutiva a lungo termine indica, per la configurazione attuale, il verificarsi di salienti ben sviluppati e di periodiche tombolizzazioni dell'area protetta.
- Per entrambe le configurazioni di progetto, la stima empirica della tendenza evolutiva a lungo termine indica una diminuzione della probabilità di formazione di tomboli a favore della formazione di salienti.



7 CONFIGURAZIONE ATTUALE: RISULTATI NUMERICI



7.1 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)



Figura 7-1: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)



Figura 7-2: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



7.2 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-3: scenario di simulazione SC-1; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-4: scenario di simulazione SC-2; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



7.3 IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

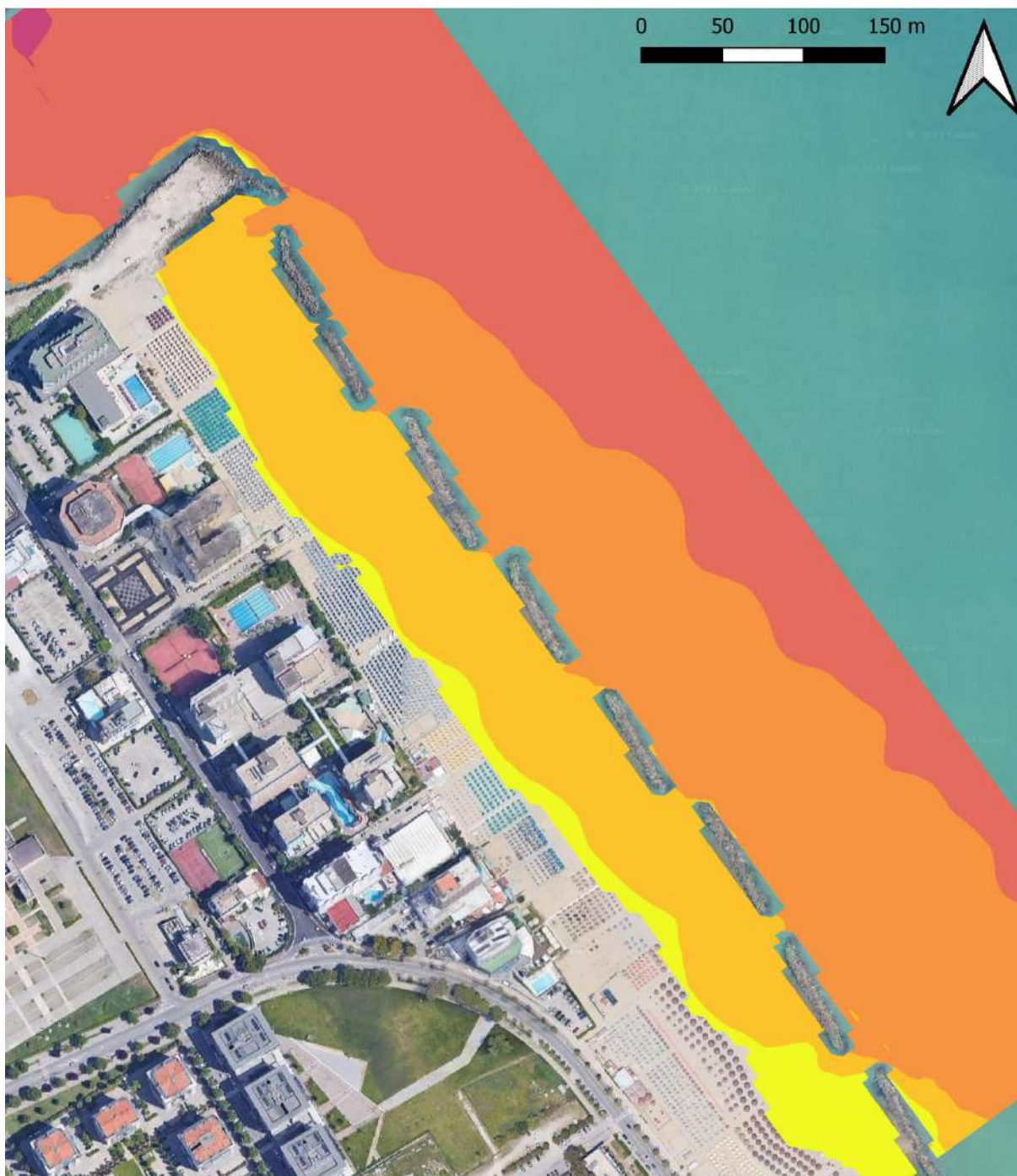
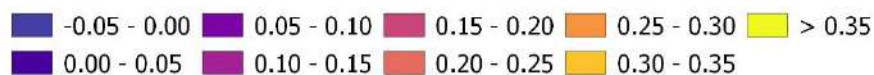


Figura 7-5: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)



Figura 7-6: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

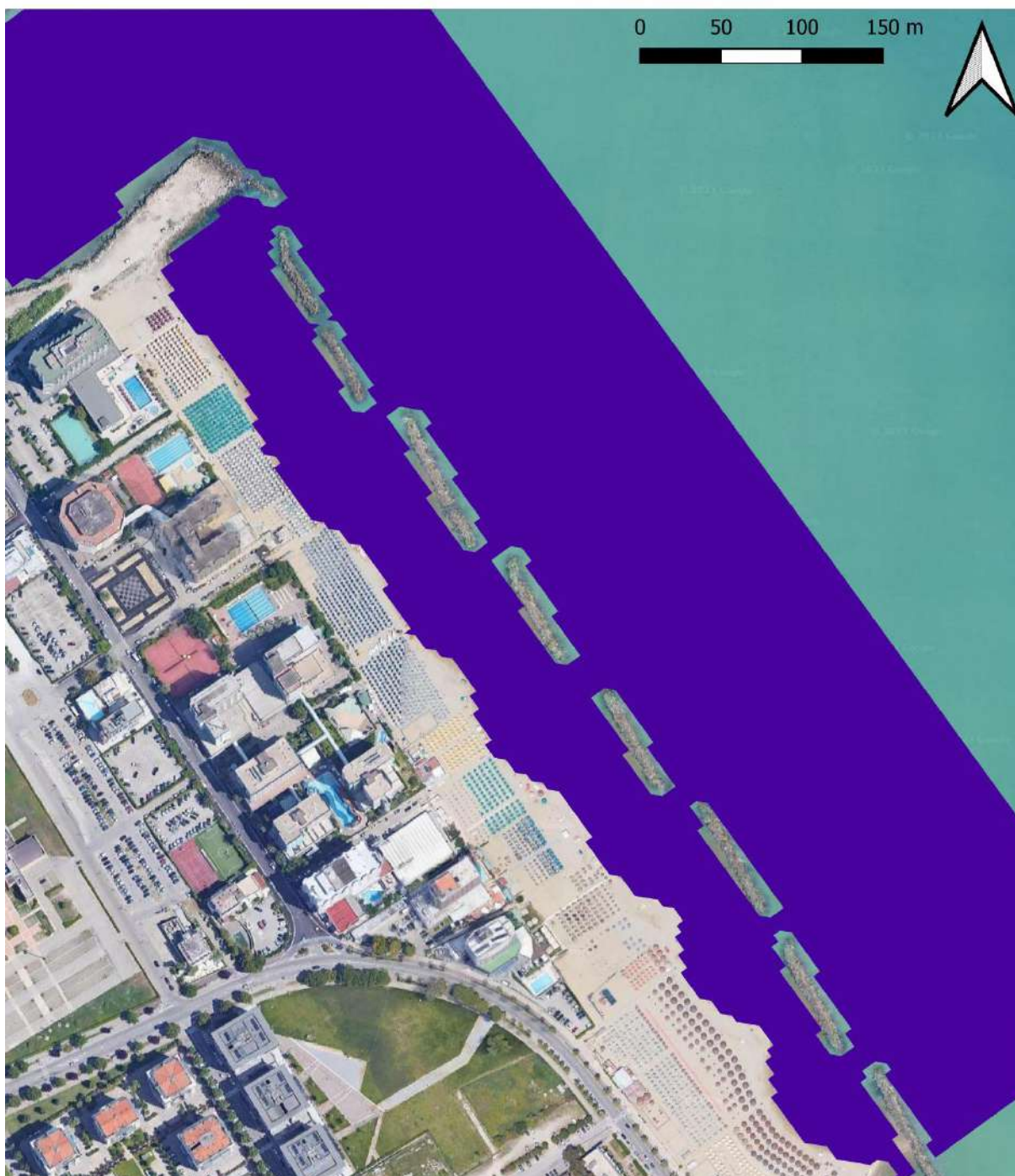


Figura 7-7: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

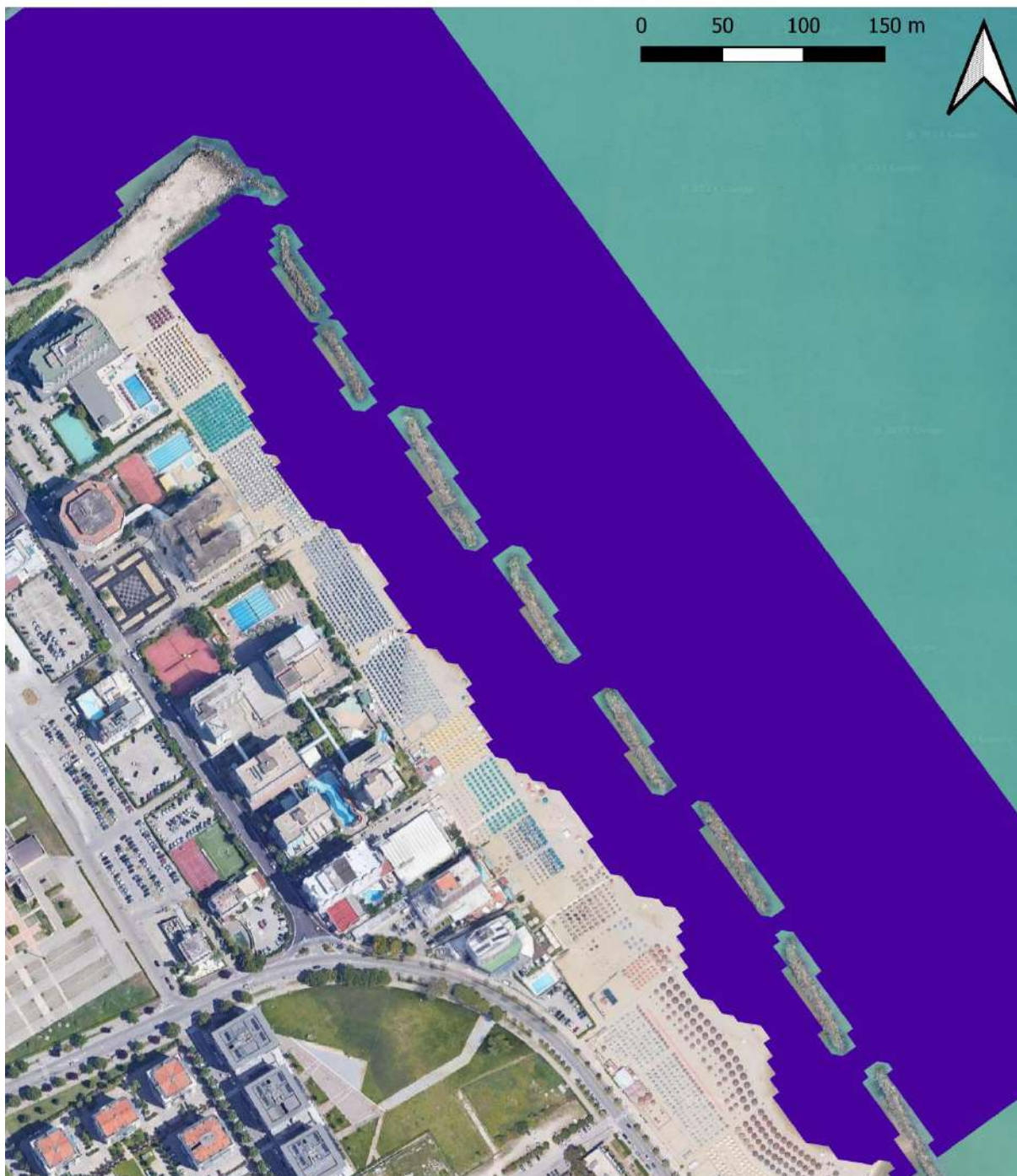


Figura 7-8: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

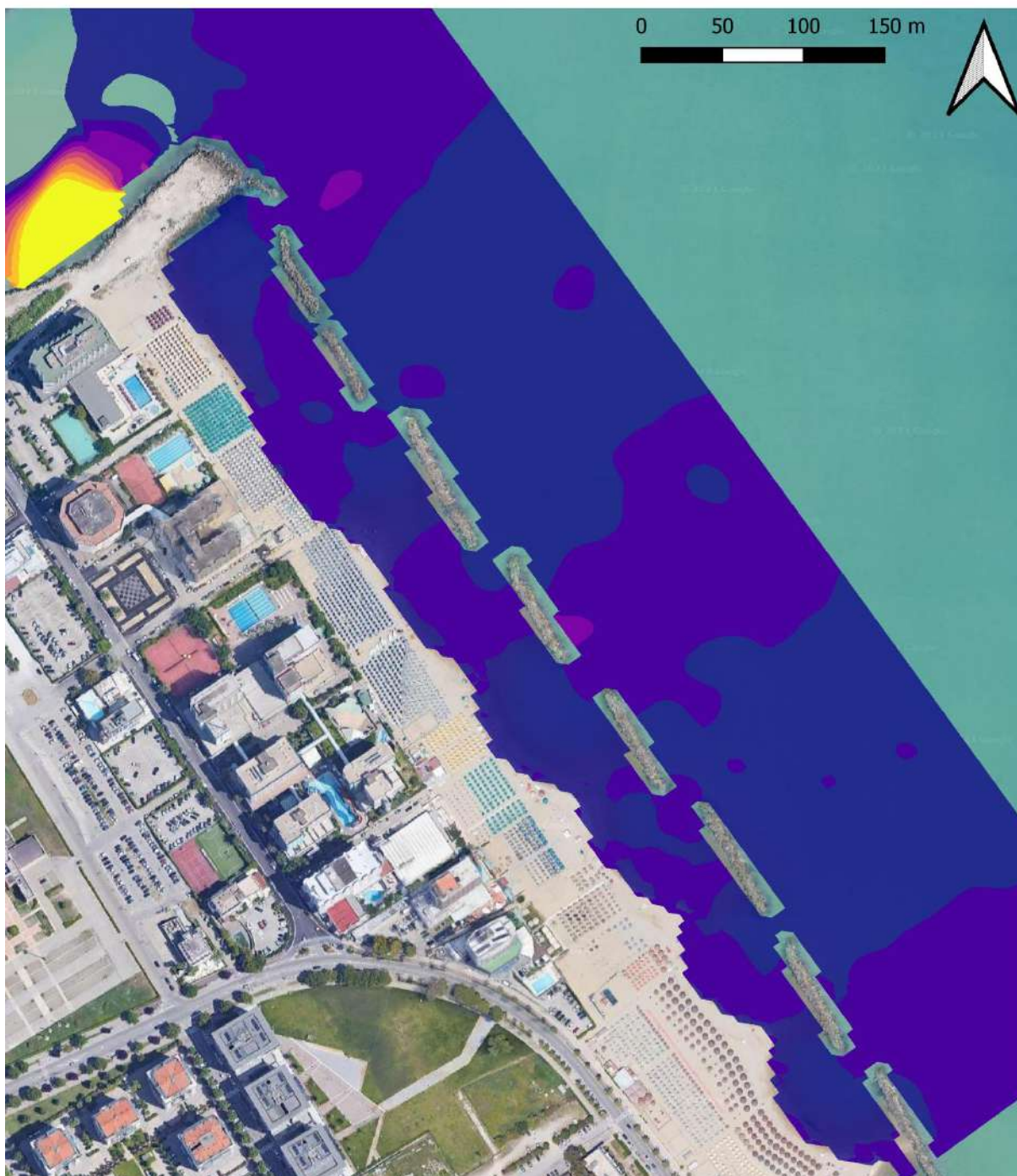
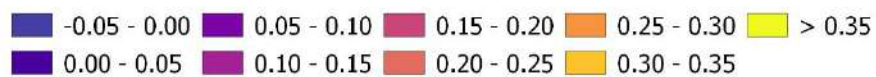


Figura 7-9: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

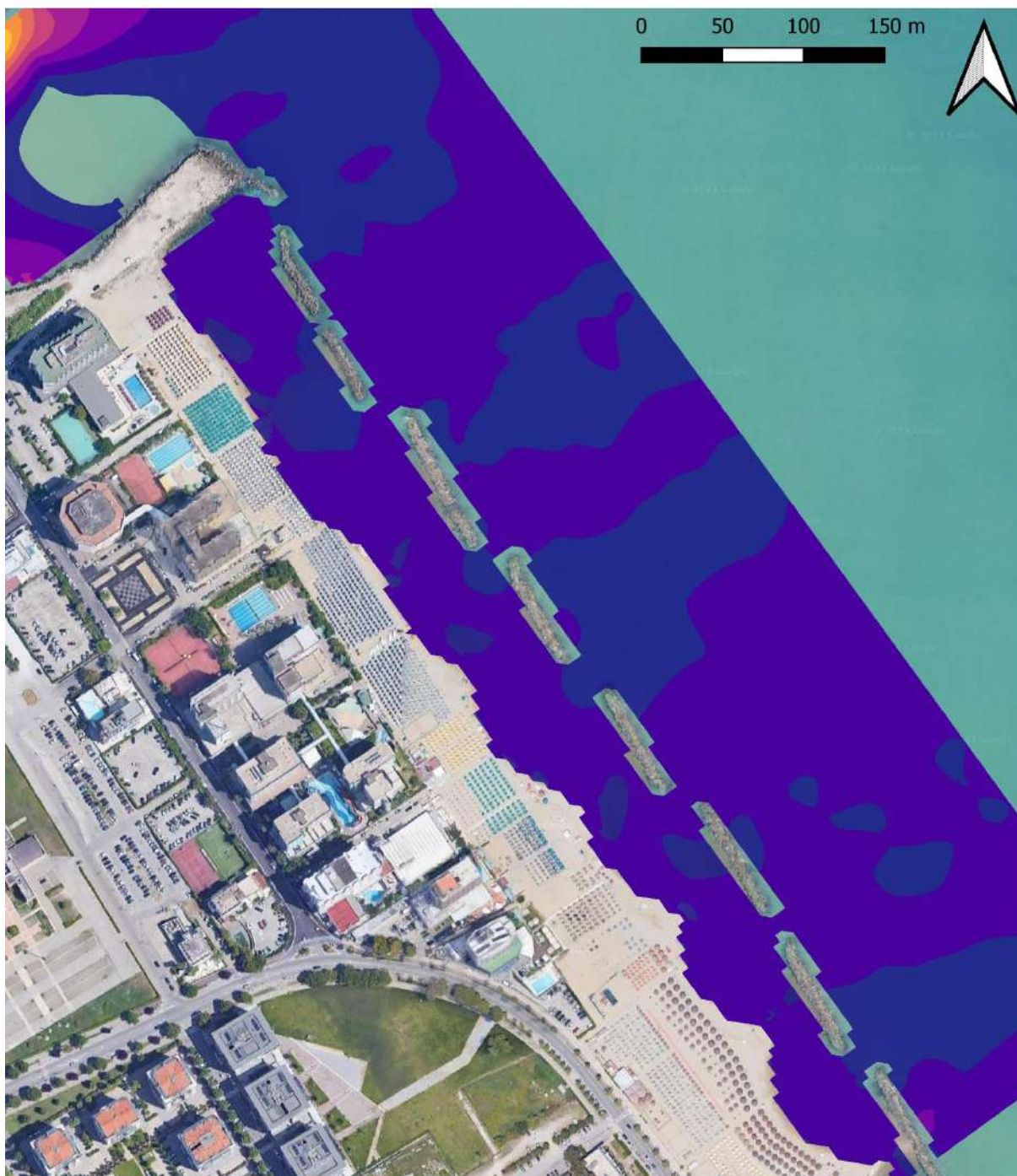


Figura 7-10: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dei livelli del mare.



7.4 IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)

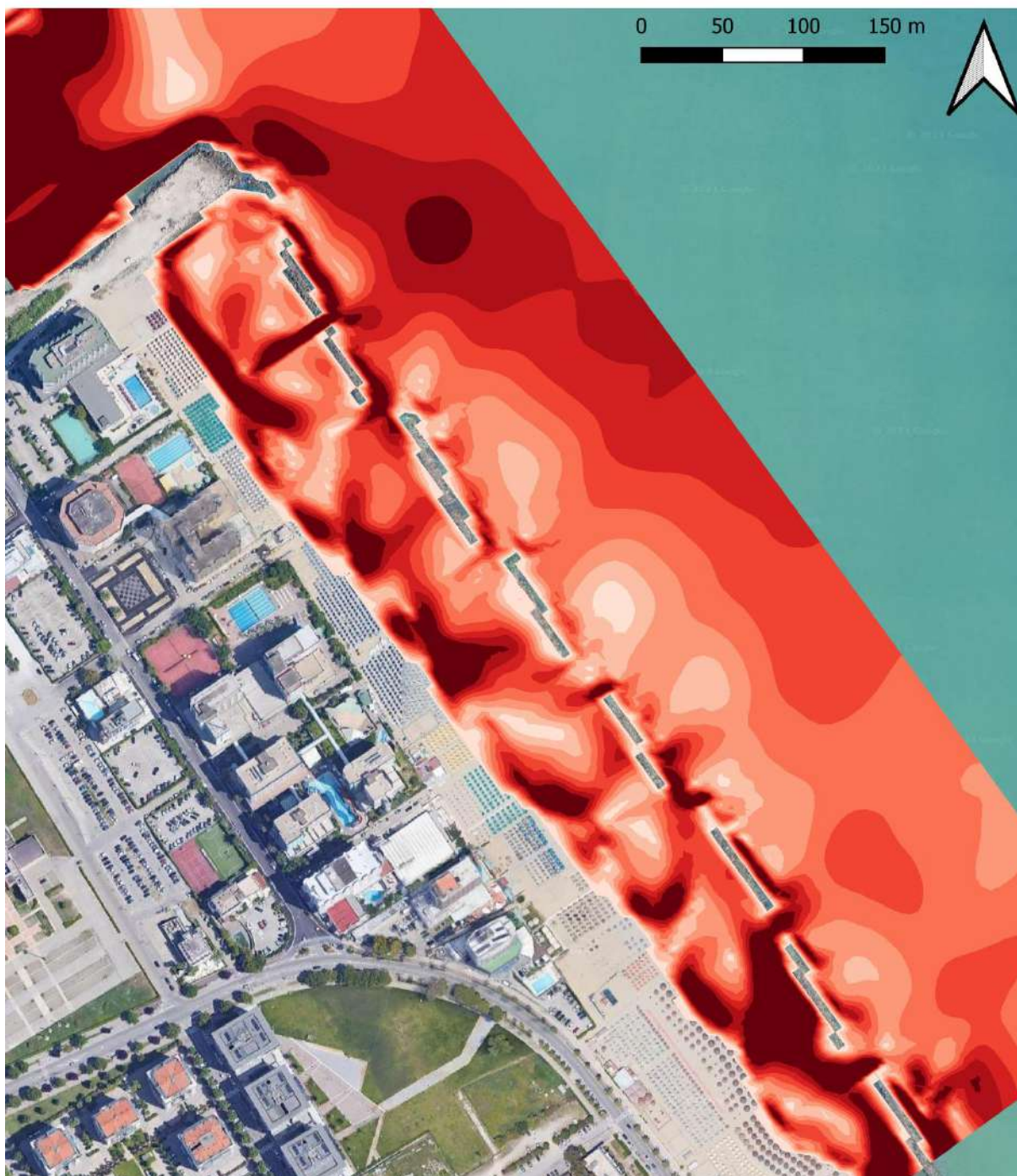


Figura 7-11: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)

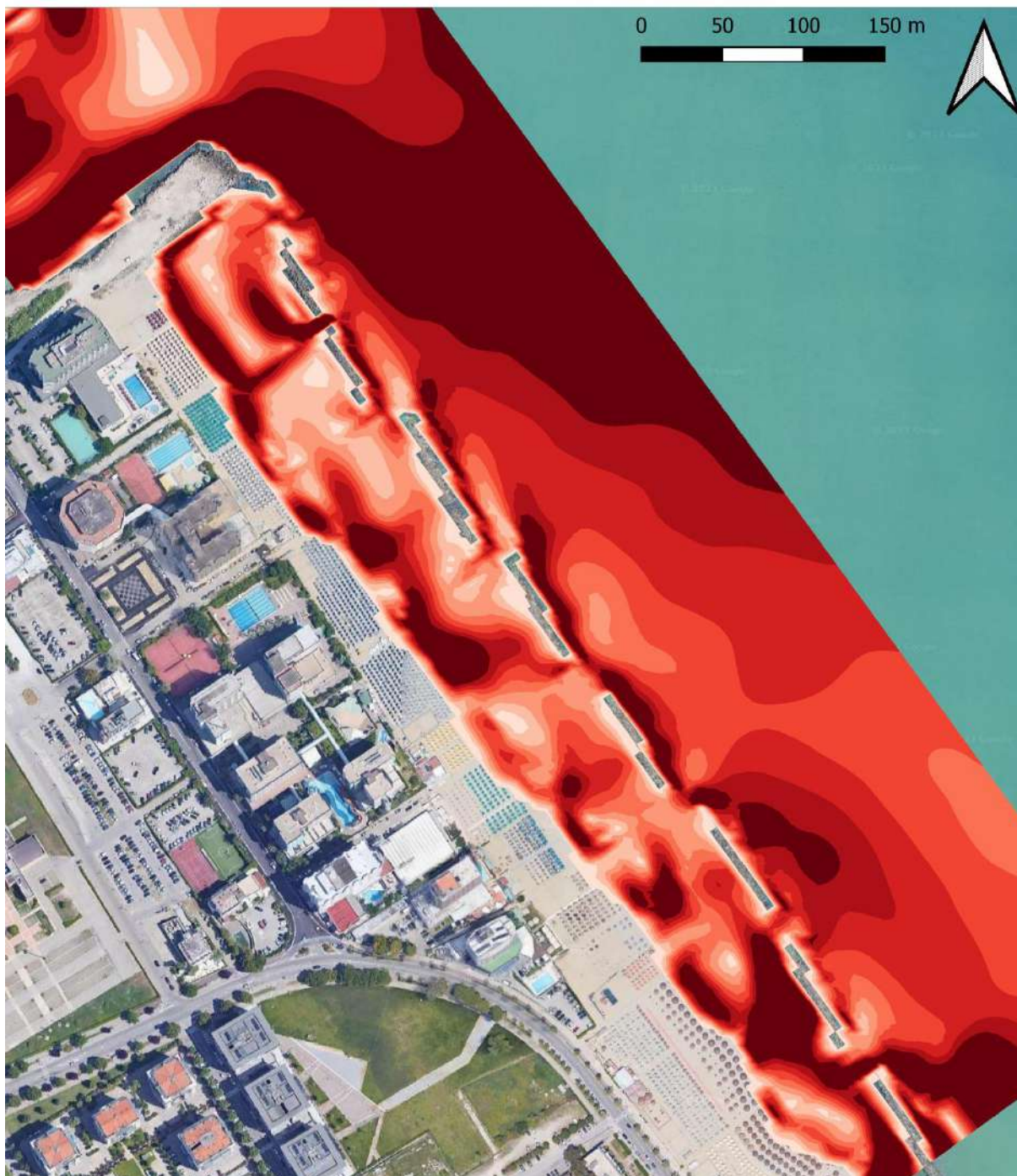


Figura 7-12: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 7-13: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)

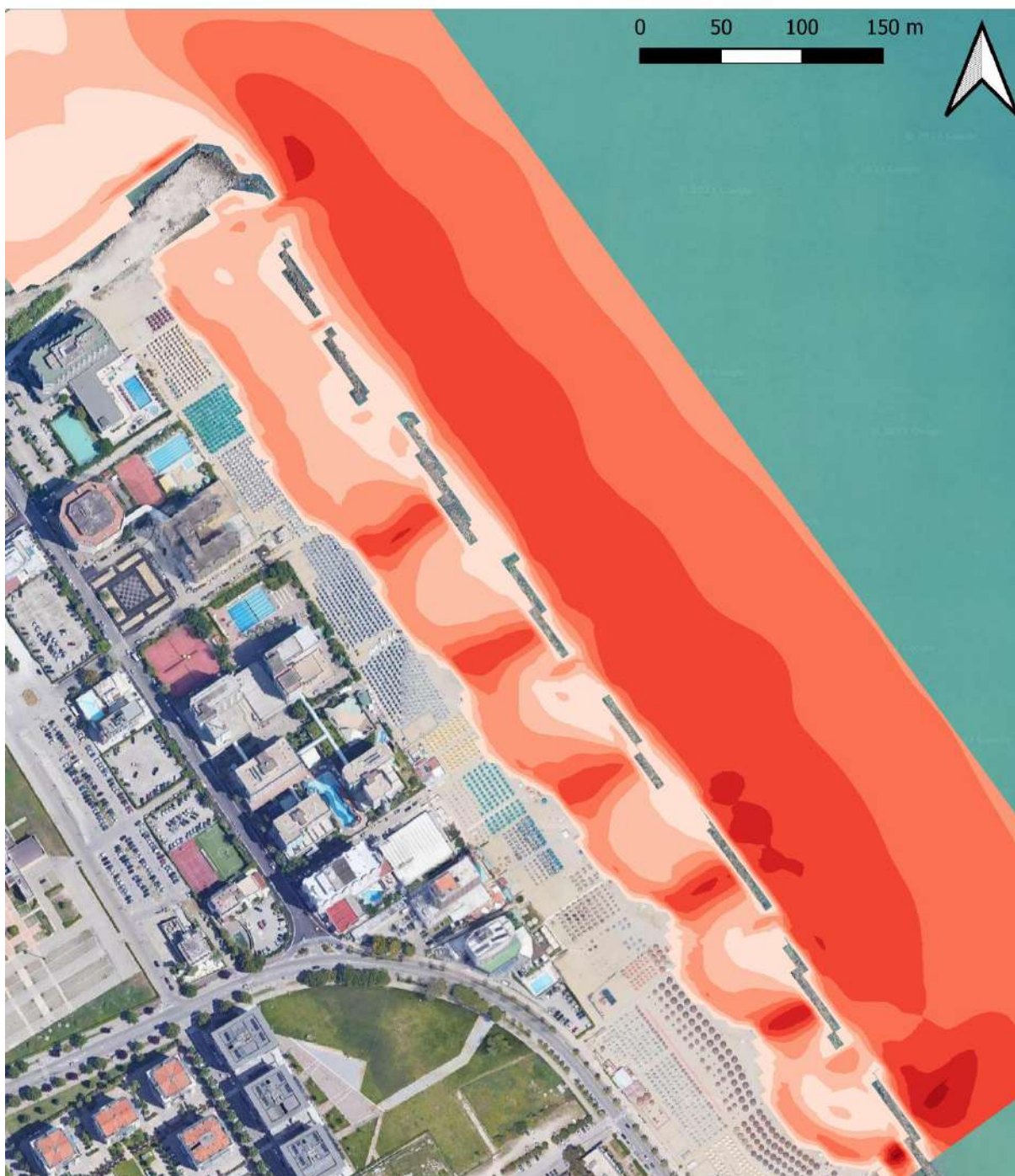


Figura 7-14: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 7-15: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 7-16: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dell'intensità della corrente.



7.5 IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-17: scenario di simulazione SC-1; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-18: scenario di simulazione SC-2; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-19: scenario di simulazione SC-3; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-20: scenario di simulazione SC-4; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-21: scenario di simulazione SC-5; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-22: scenario di simulazione SC-6; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



7.6 IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-23: scenario di simulazione SC-1; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-24: scenario di simulazione SC-2; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-25: scenario di simulazione SC-3; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

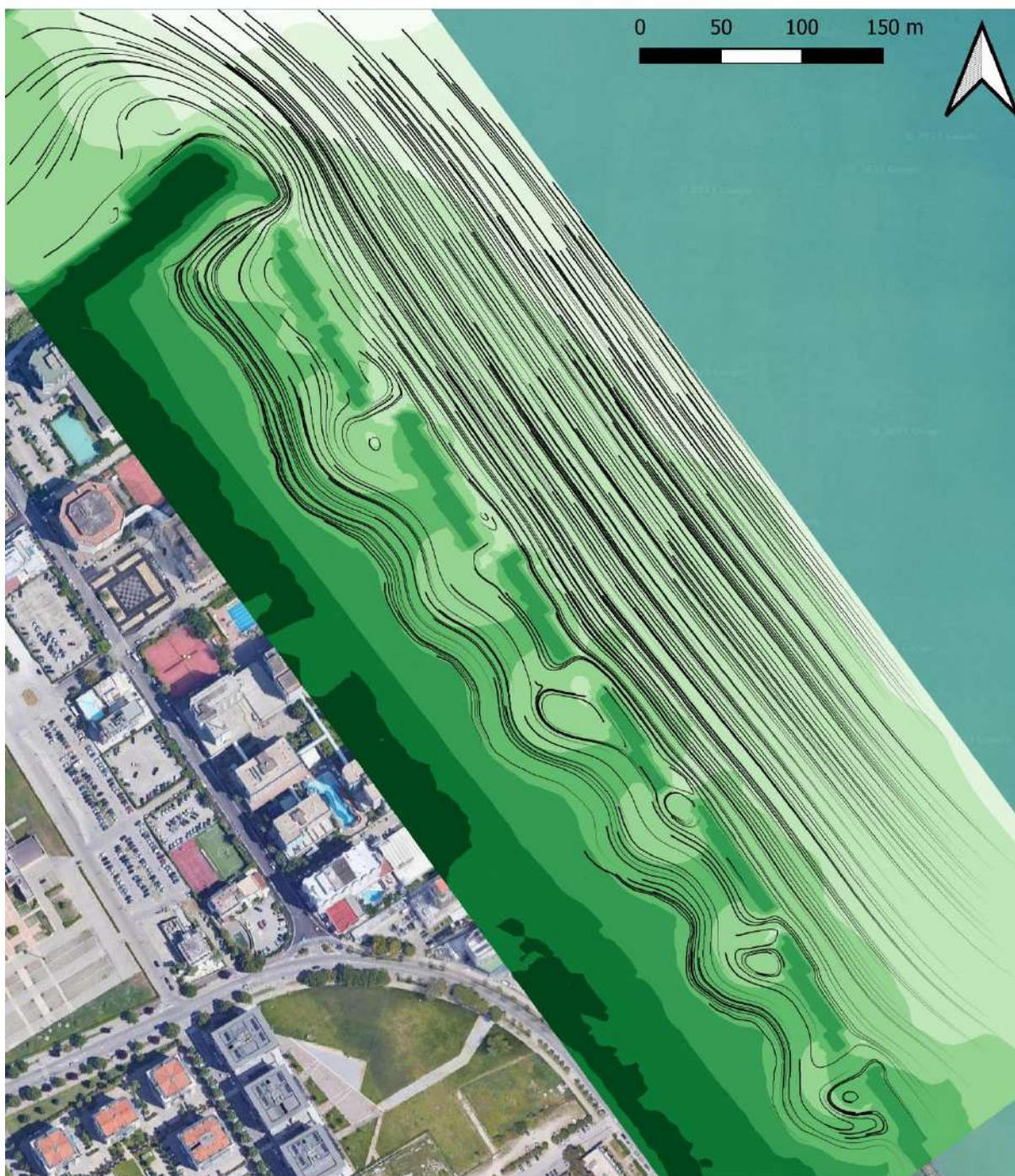


Figura 7-26: scenario di simulazione SC-4; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-27: scenario di simulazione SC-5; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 7-28: scenario di simulazione SC-6; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



7.7 IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

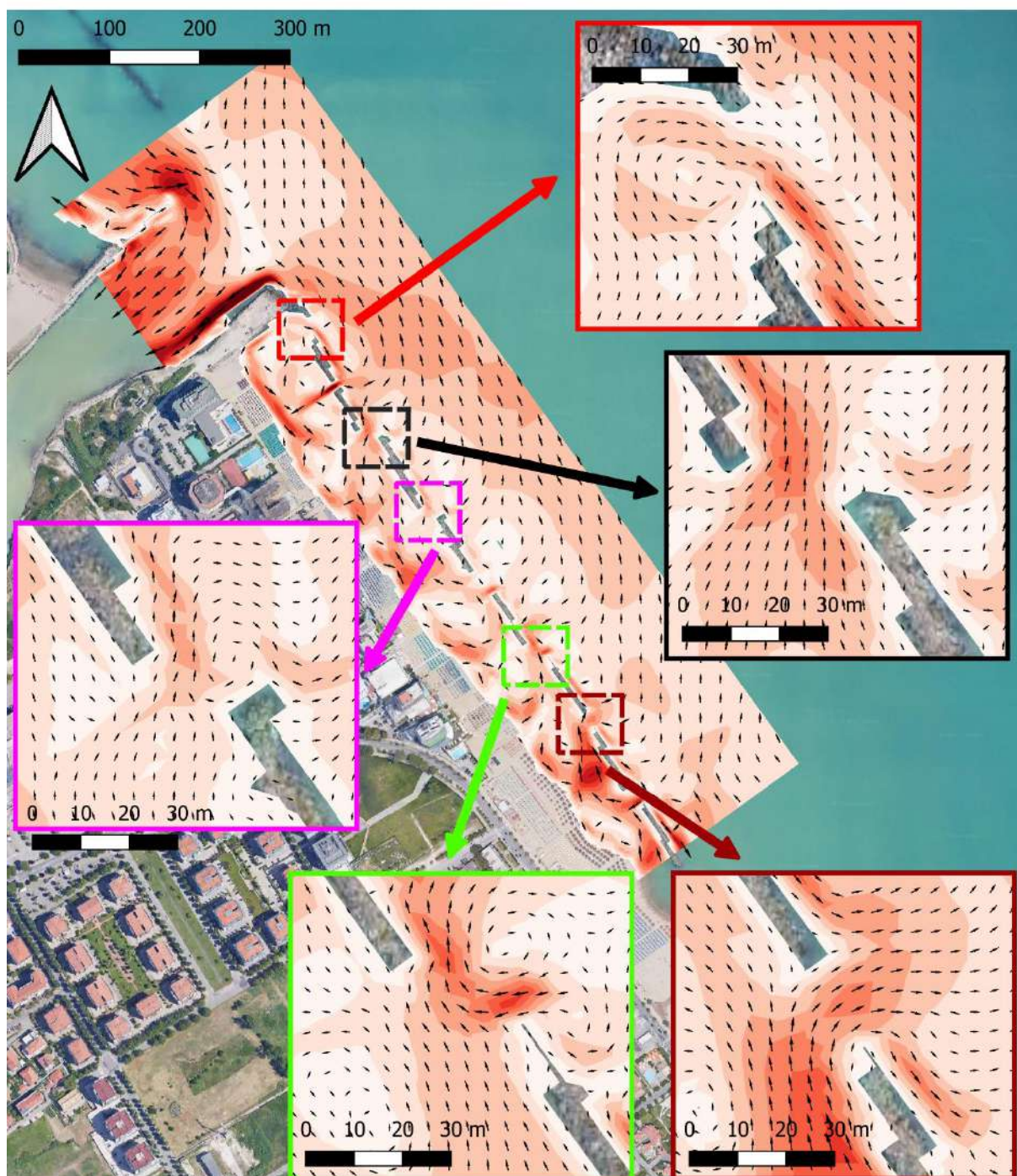
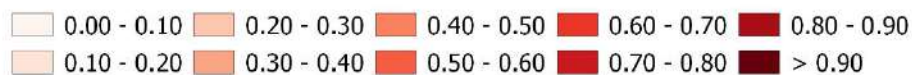


Figura 7-29: scenario di simulazione SC-1; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

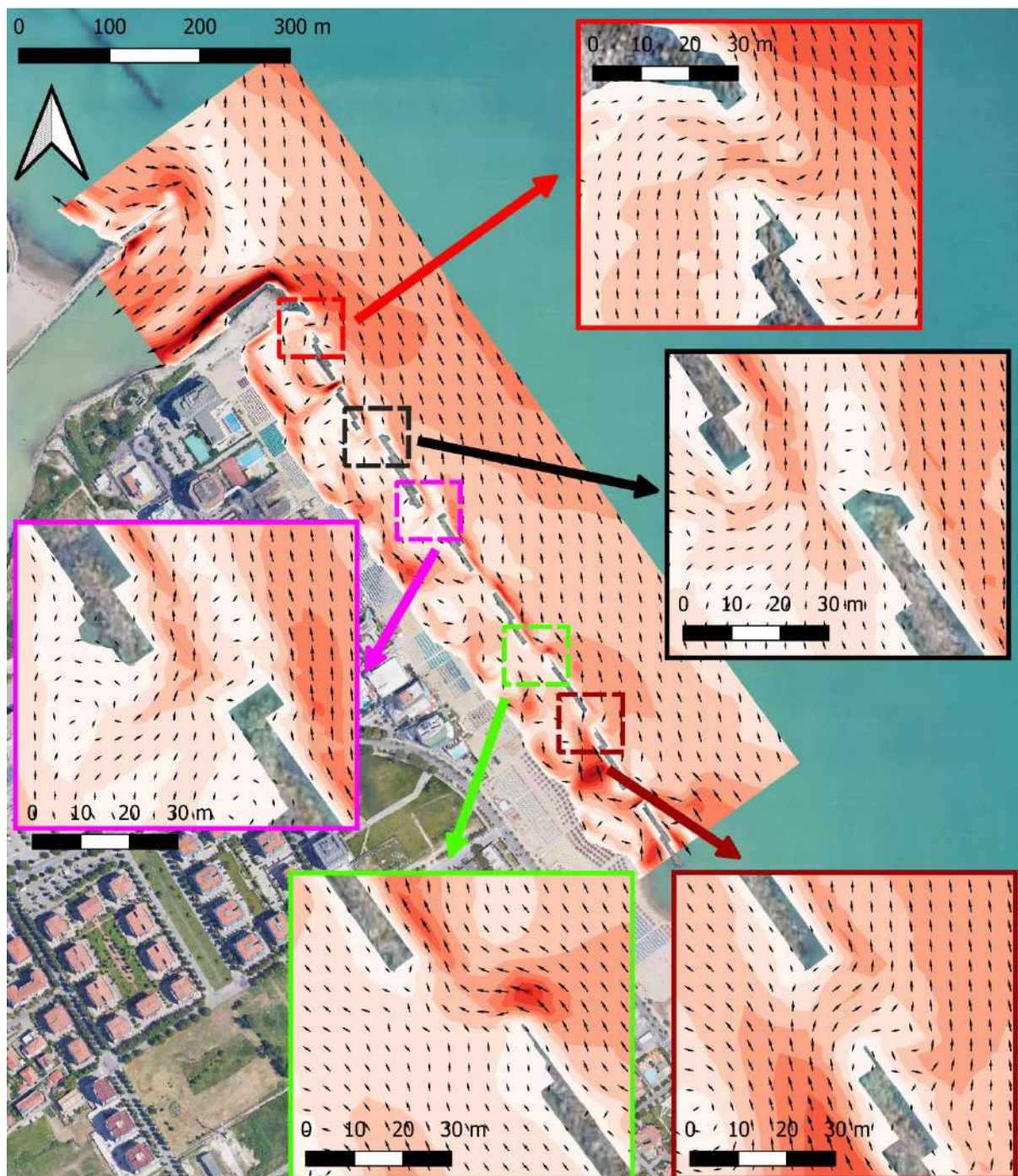
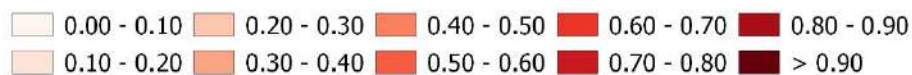


Figura 7-30: scenario di simulazione SC-2; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

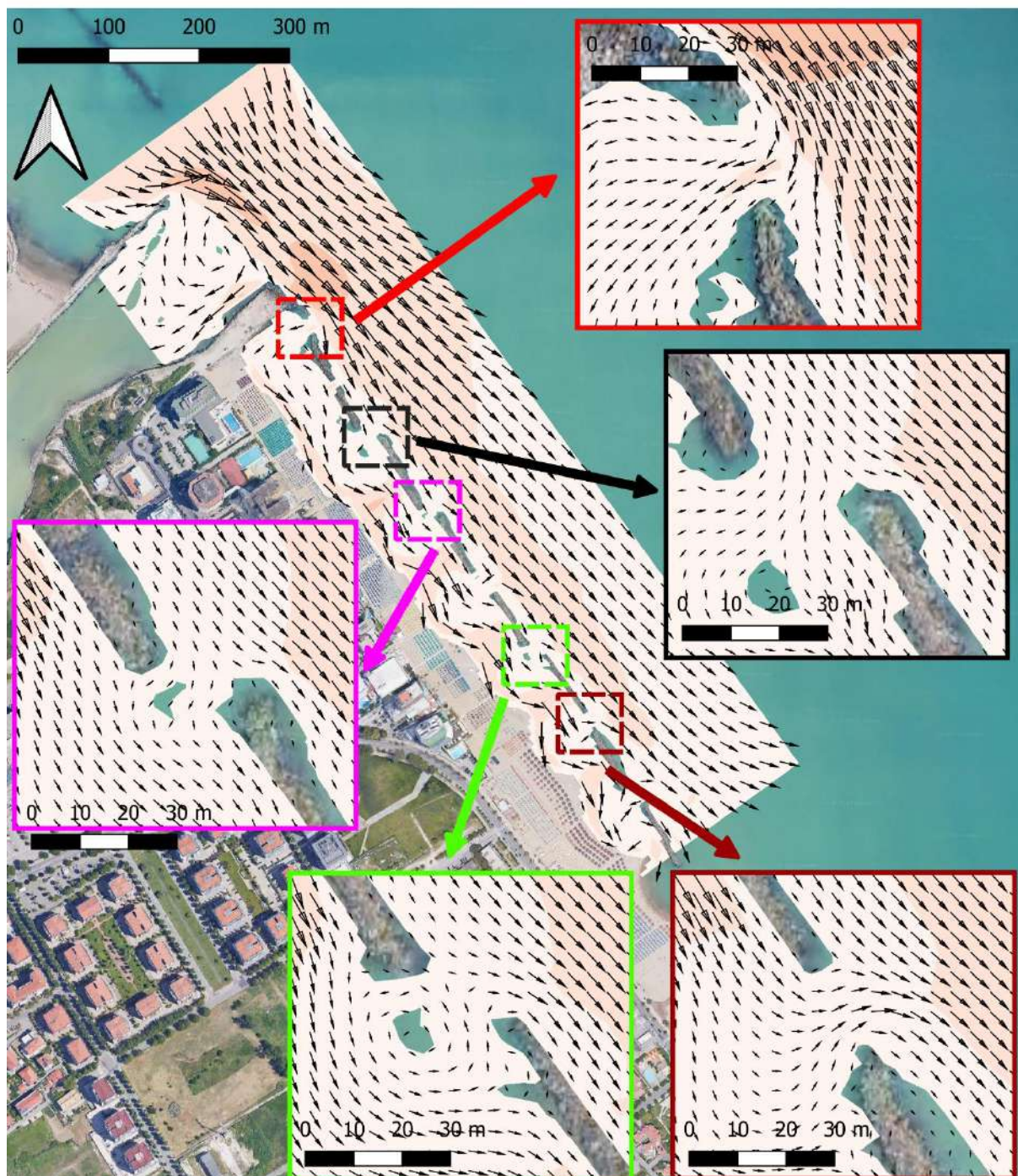


Figura 7-31: scenario di simulazione SC-3; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

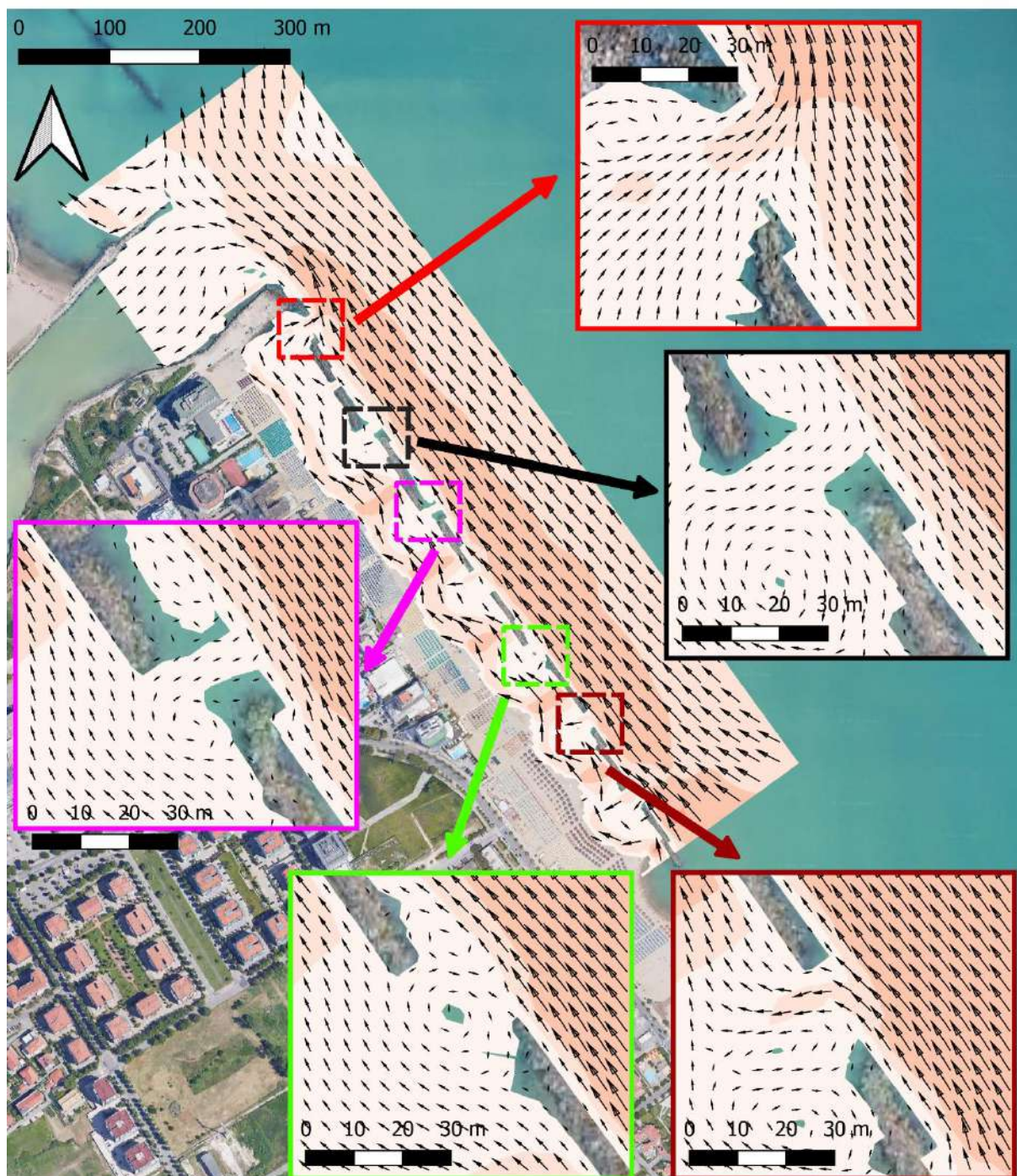
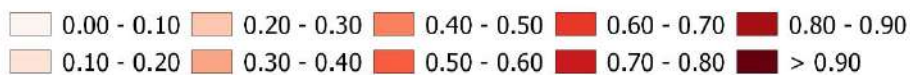


Figura 7-32: scenario di simulazione SC-4; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

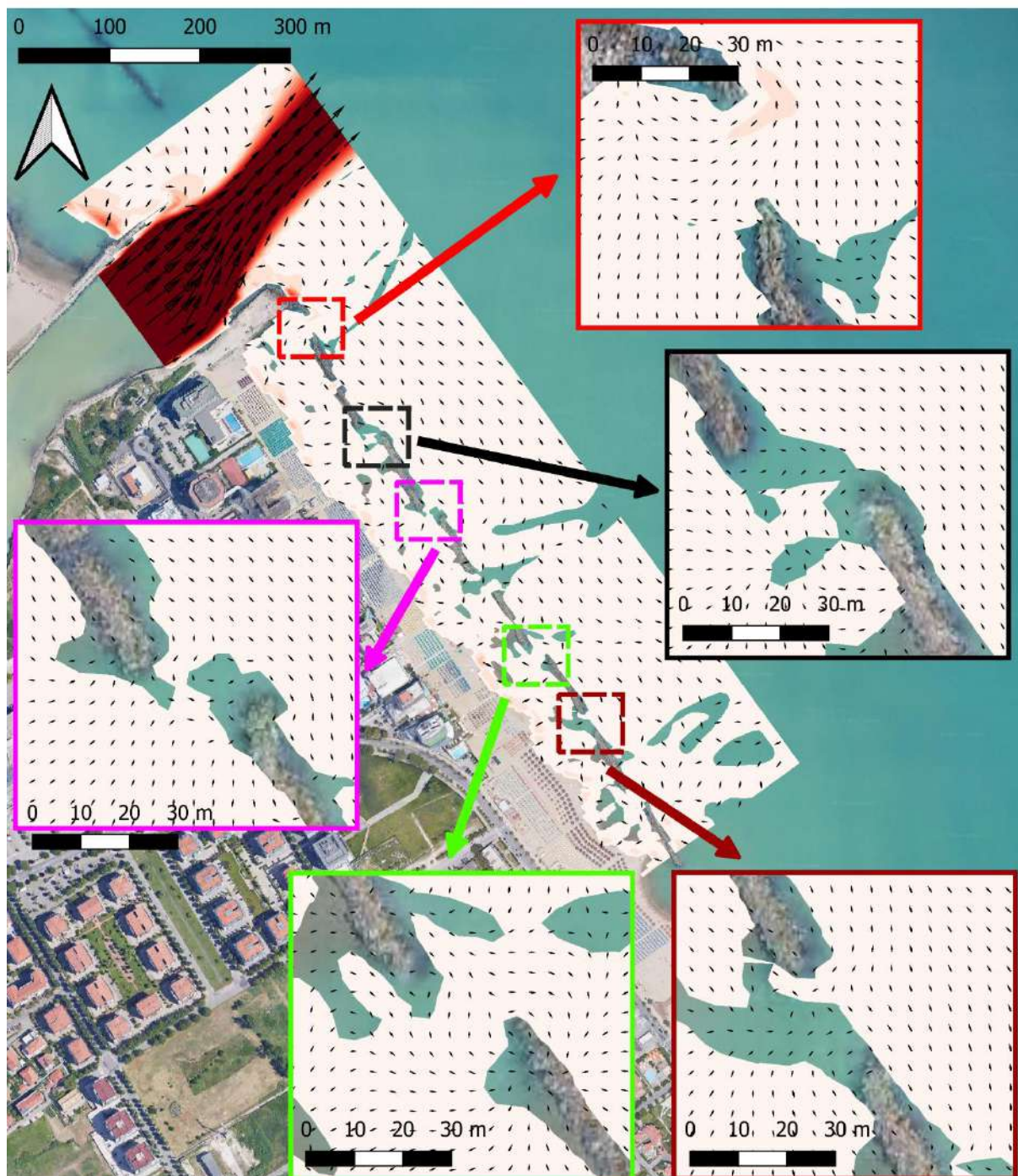
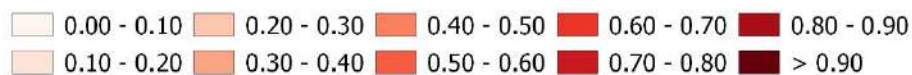


Figura 7-33: scenario di simulazione SC-5; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione Attuale

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

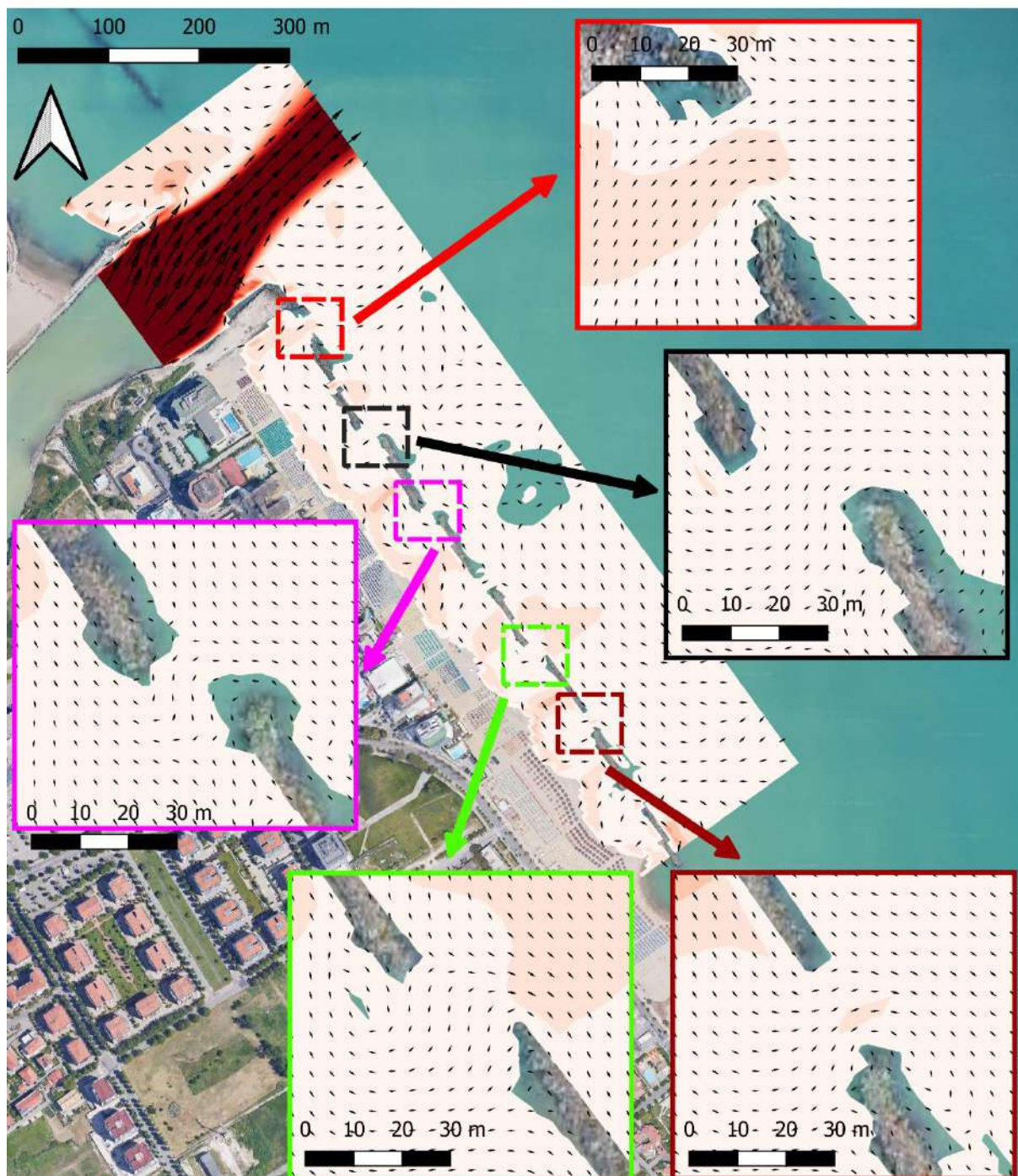
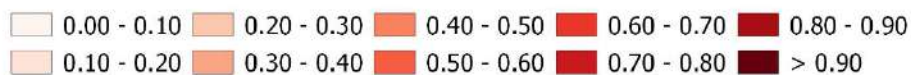


Figura 7-34: scenario di simulazione SC-6; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).



8 CONFIGURAZIONE DI PROGETTO A: RISULTATI NUMERICI



8.1 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)

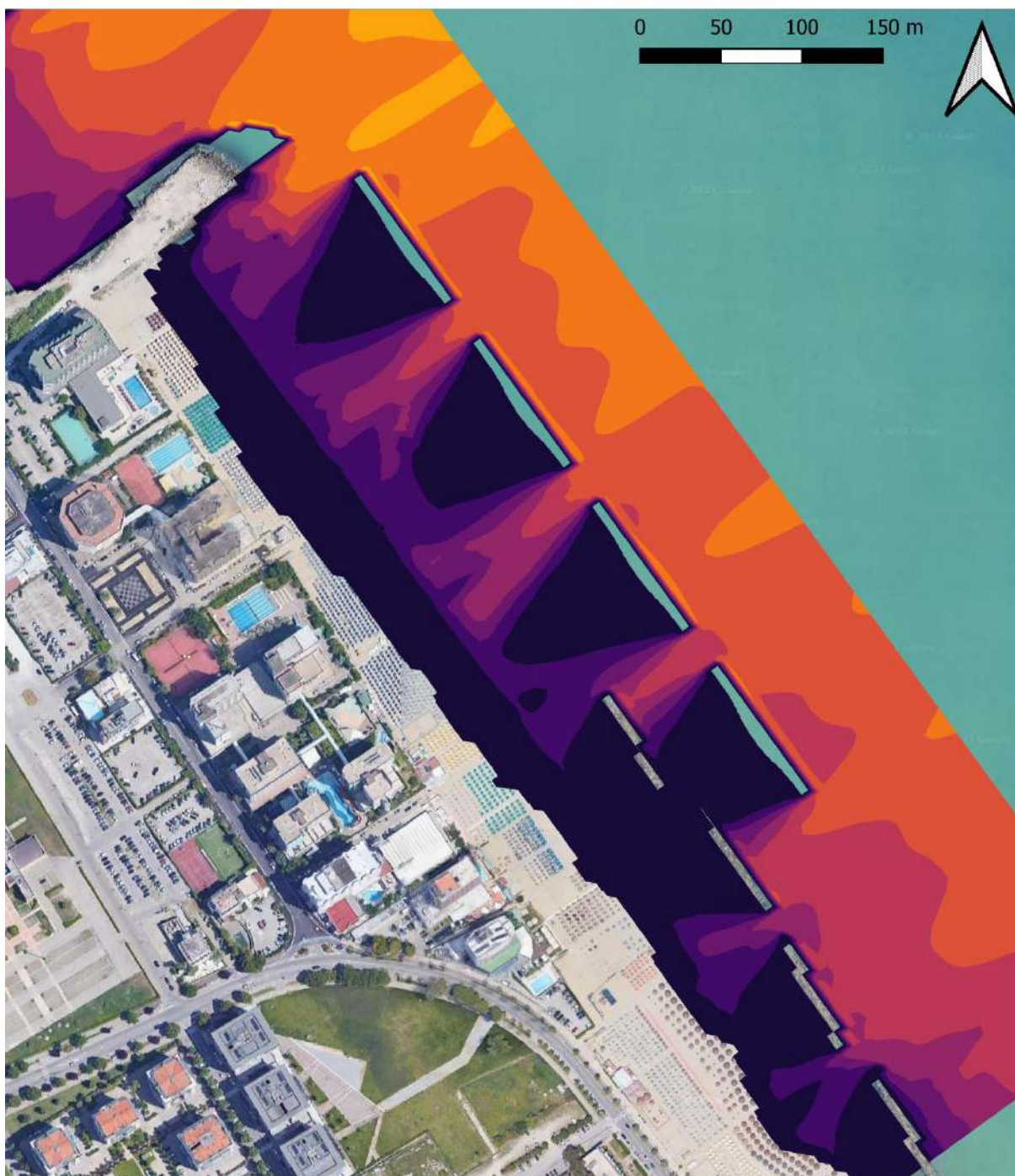
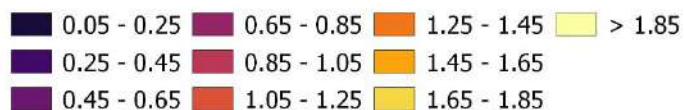


Figura 8-1: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)

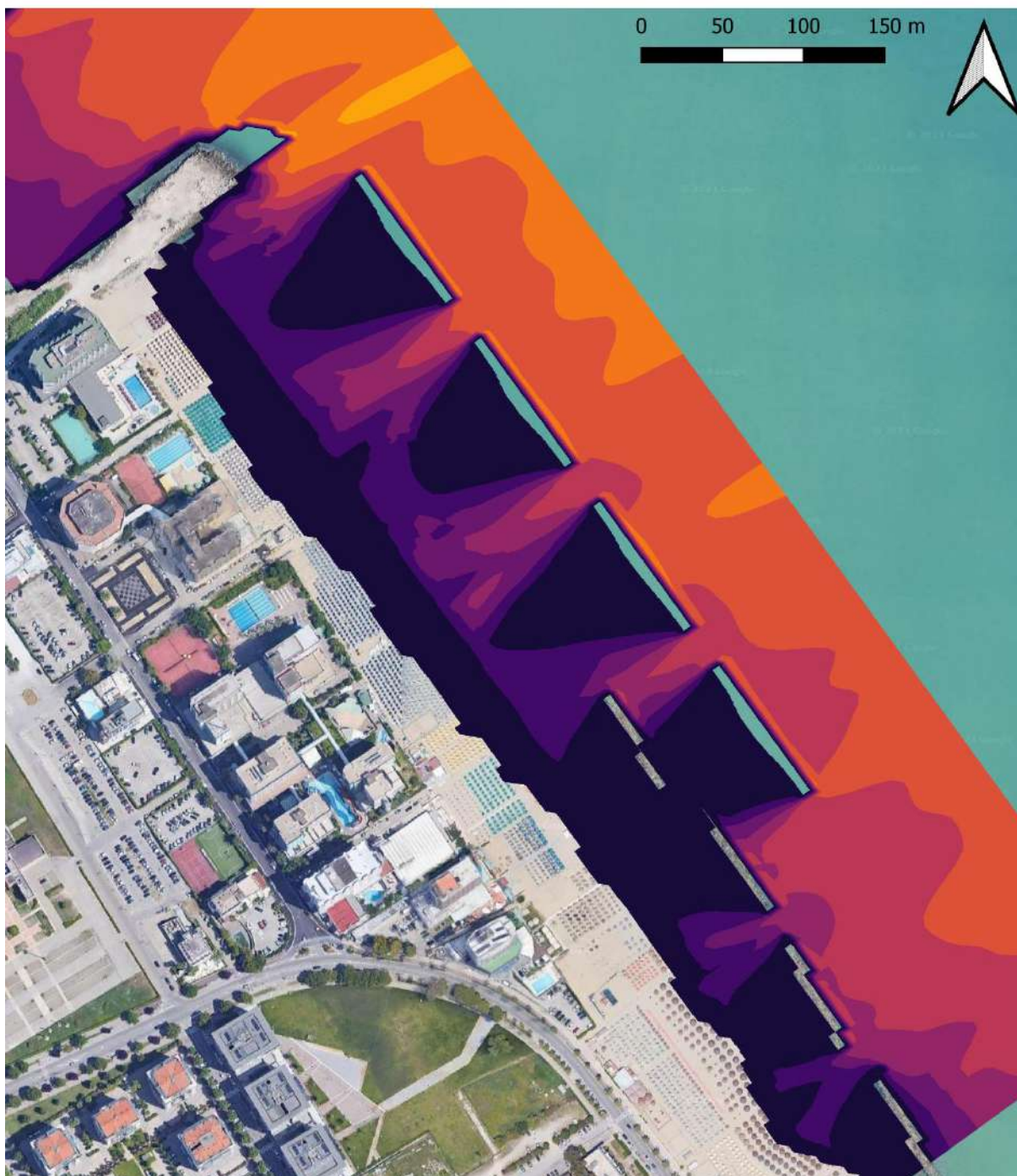


Figura 8-2: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



8.2 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-3: scenario di simulazione SC-1; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-4: scenario di simulazione SC-2; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



8.3 IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

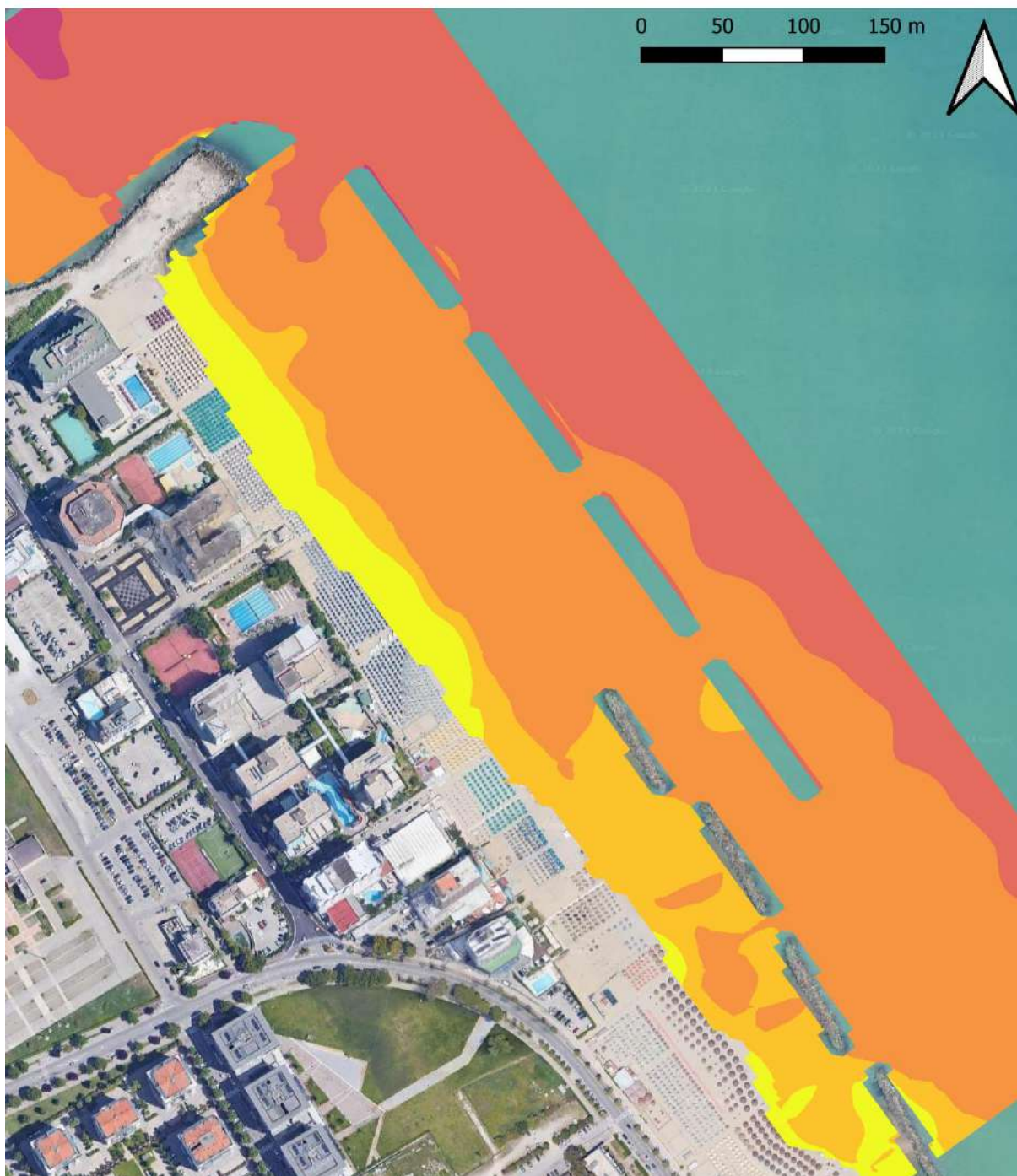
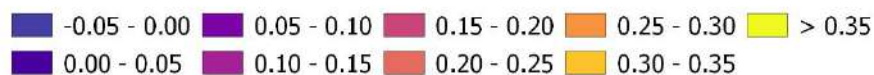


Figura 8-5: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

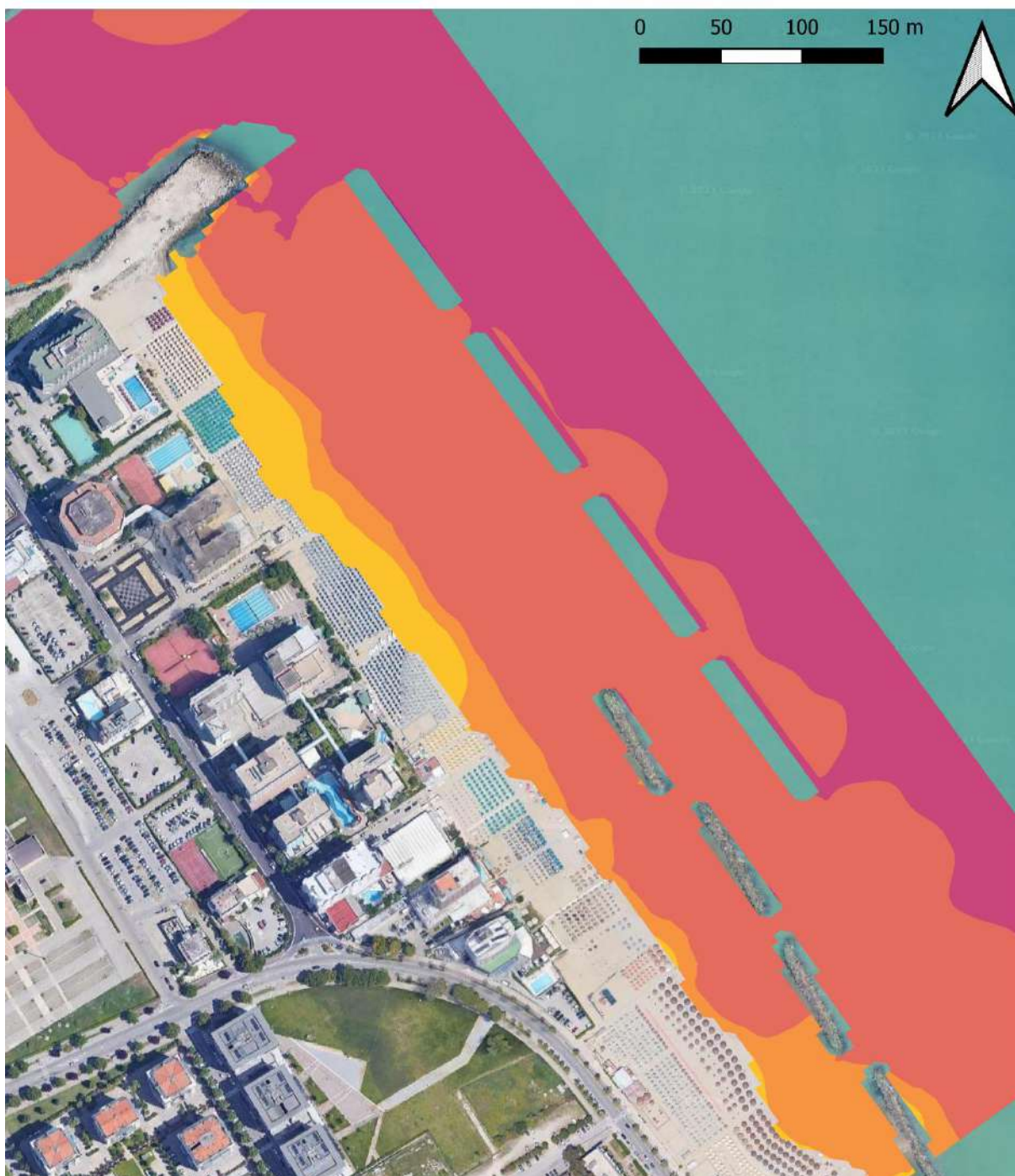
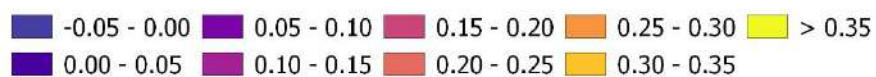


Figura 8-6: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)



Figura 8-7: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

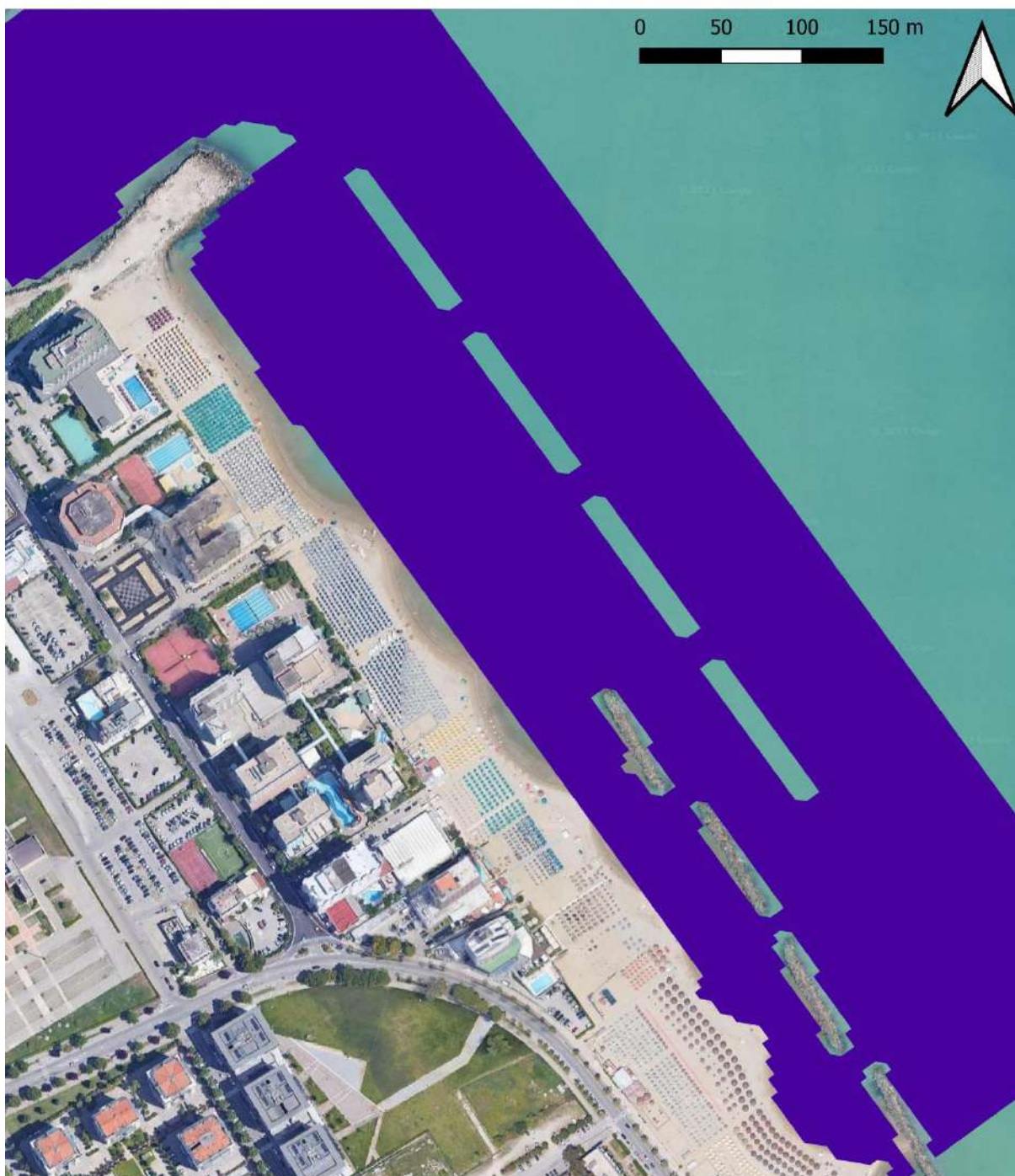


Figura 8-8: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

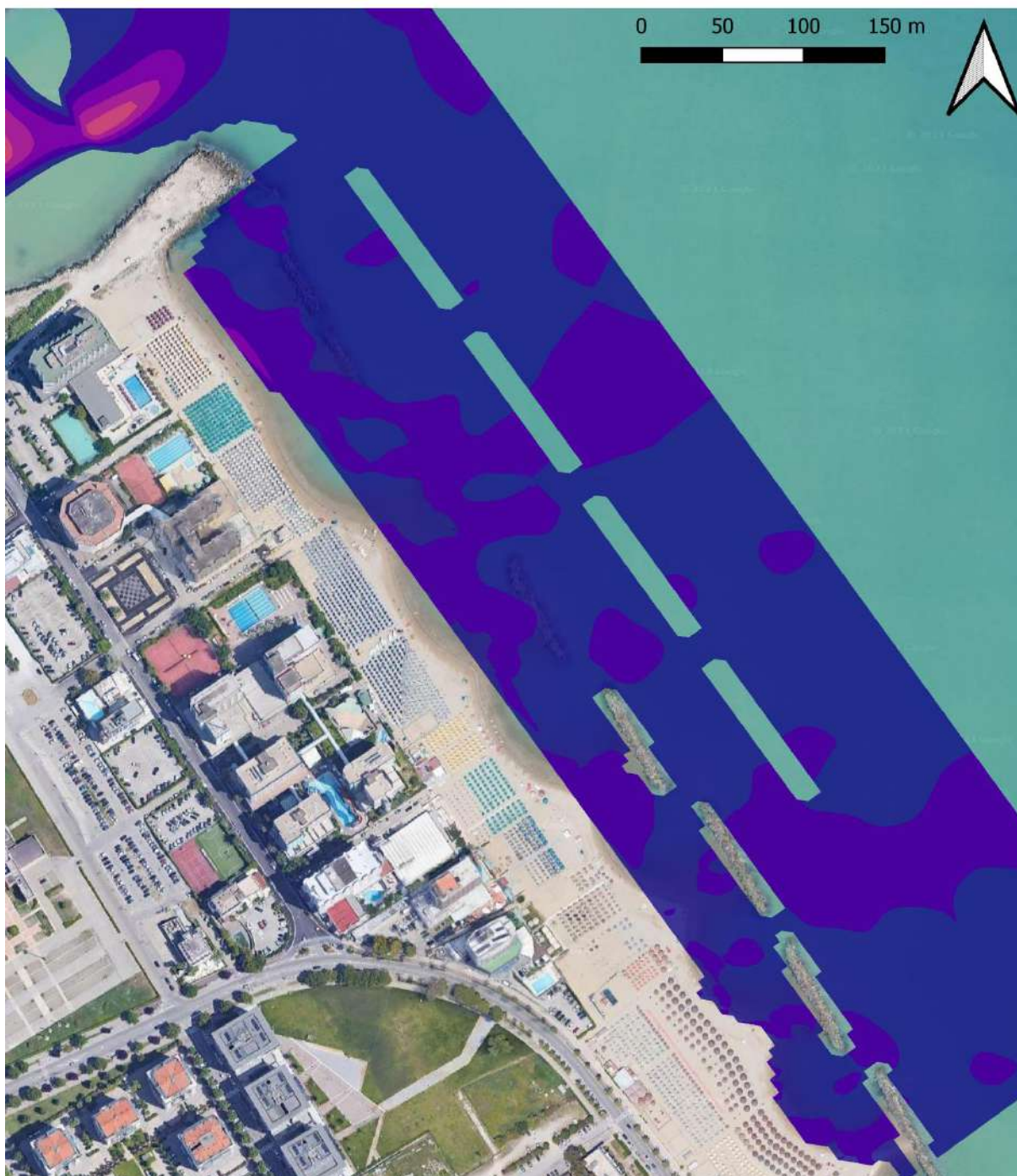


Figura 8-9: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

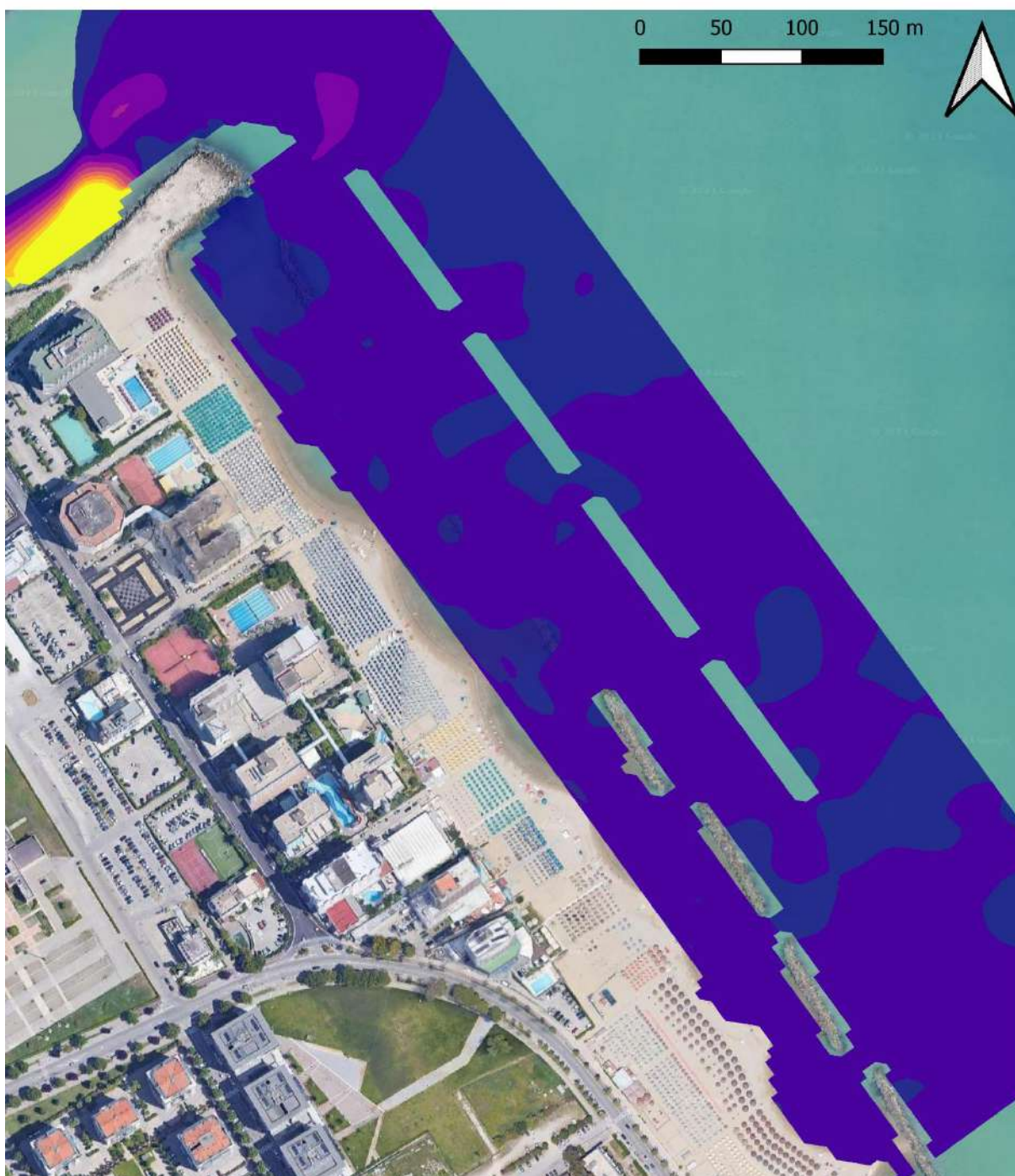
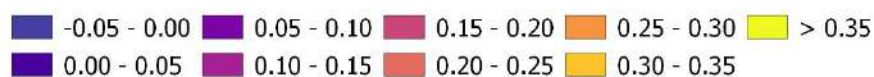


Figura 8-10: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dei livelli del mare.



8.4 IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 8-11: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 8-12: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 8-13: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 8-14: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dell'intensità della corrente.

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 8-15: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)

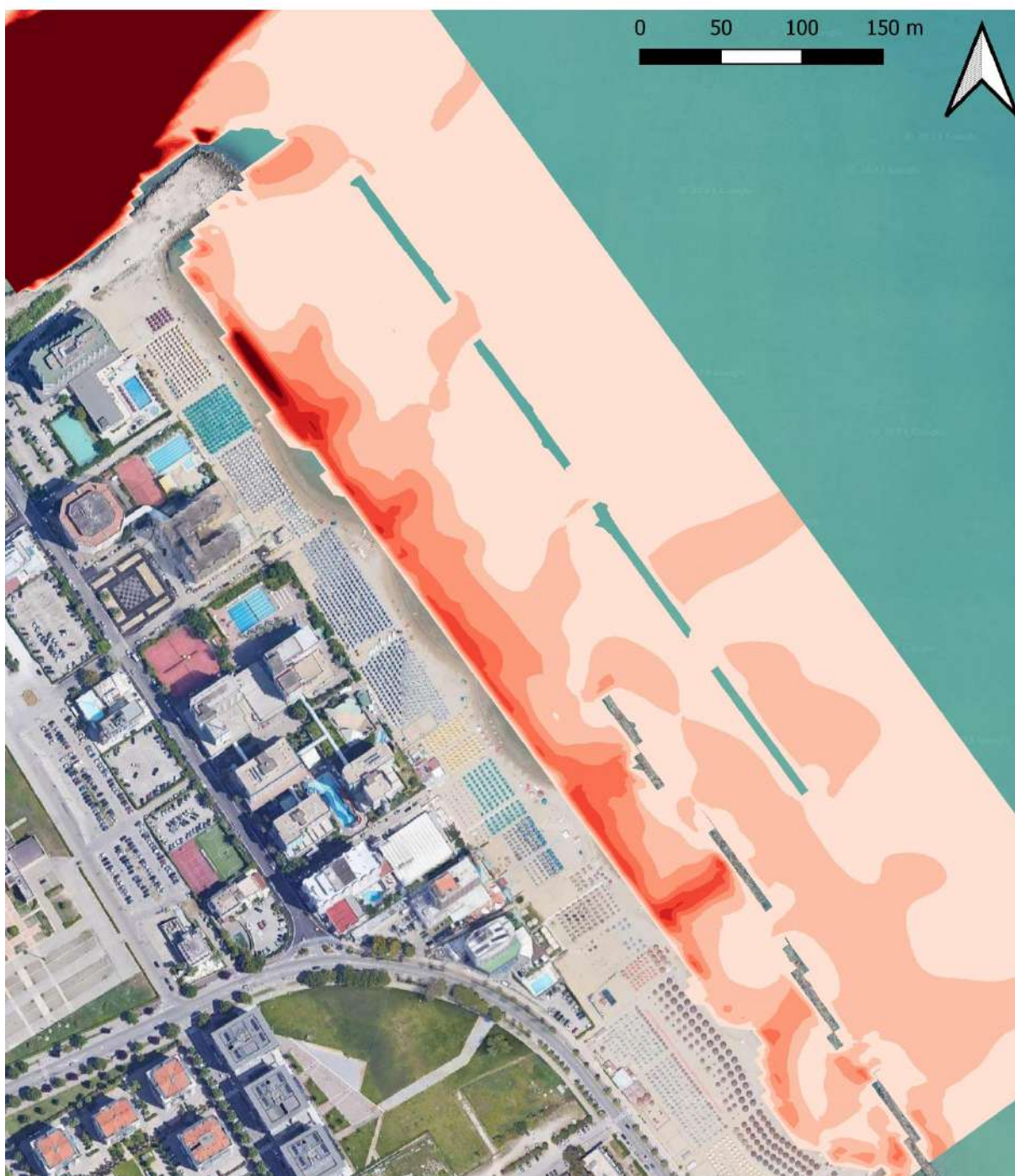


Figura 8-16: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dell'intensità della corrente.



8.5 IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-17: scenario di simulazione SC-1; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

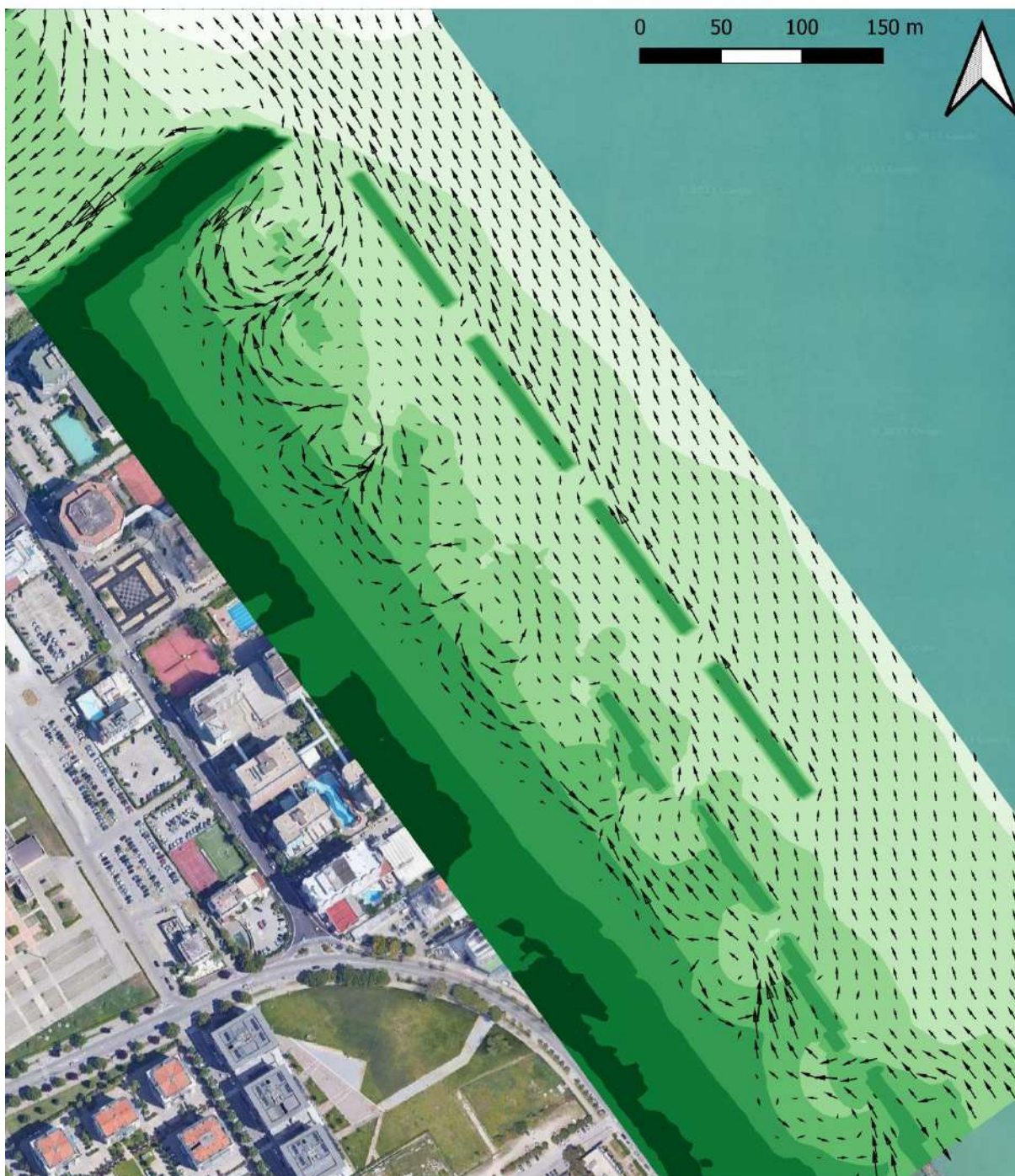


Figura 8-18: scenario di simulazione SC-2; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

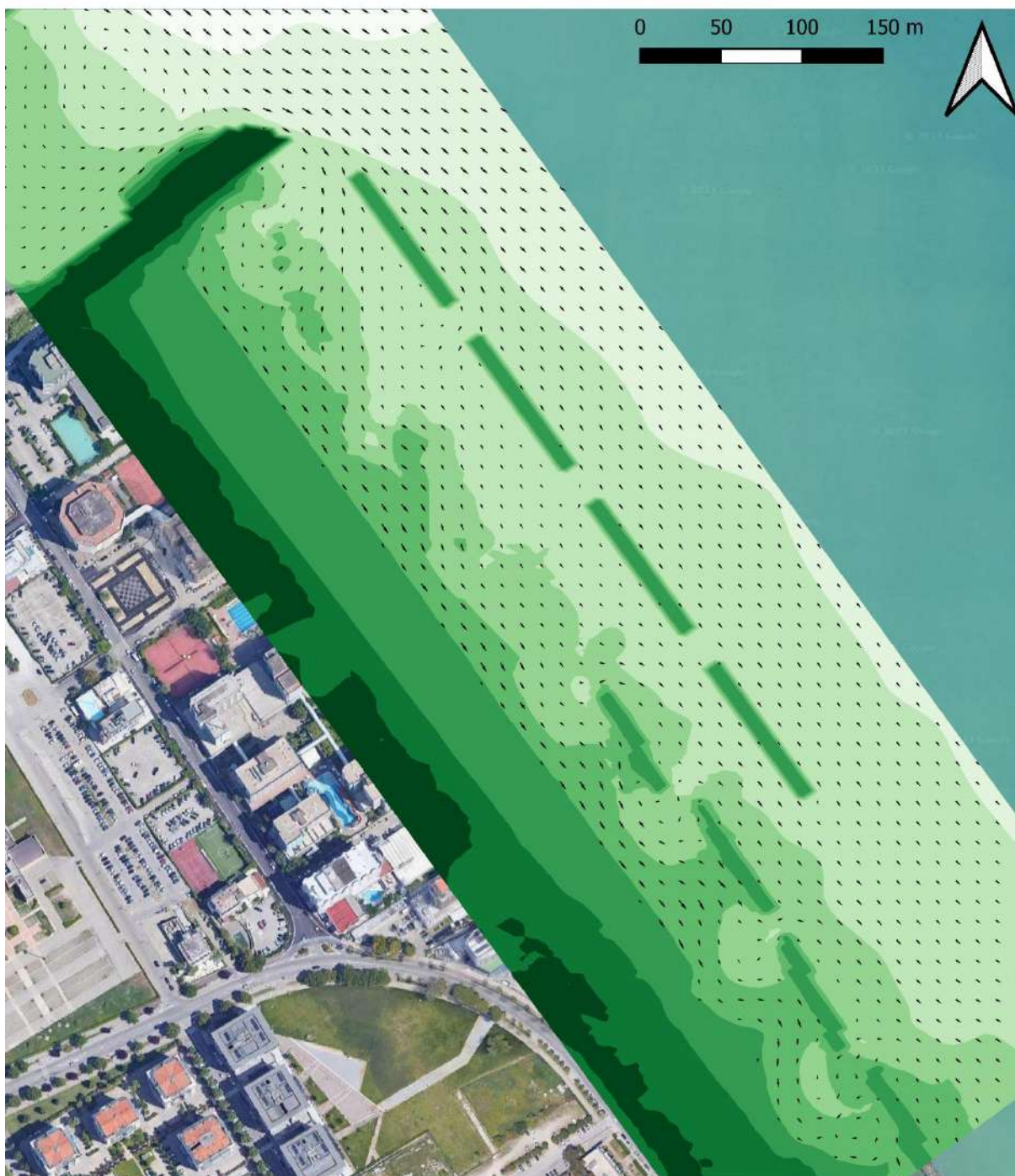


Figura 8-19: scenario di simulazione SC-3; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

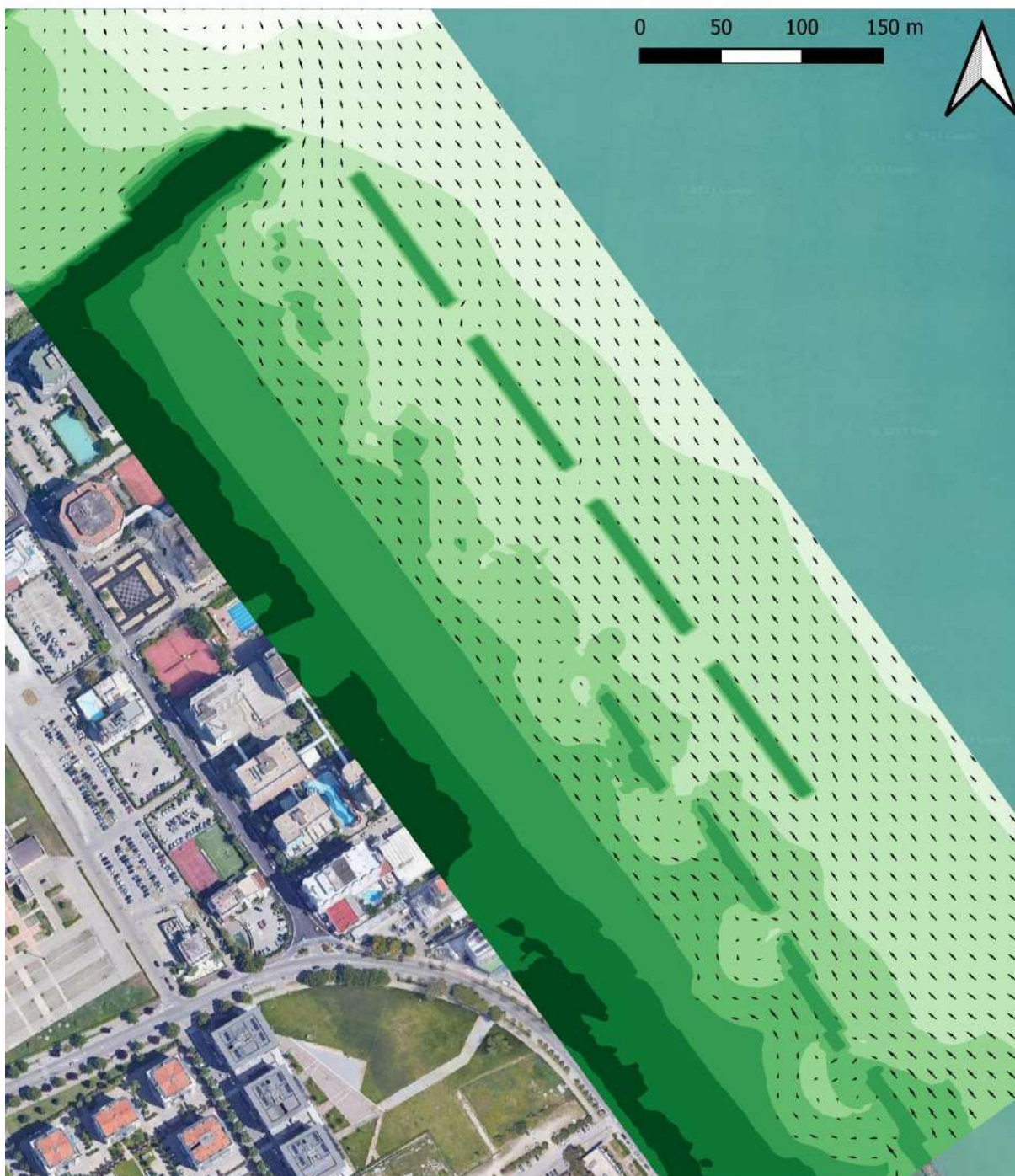


Figura 8-20: scenario di simulazione SC-4; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

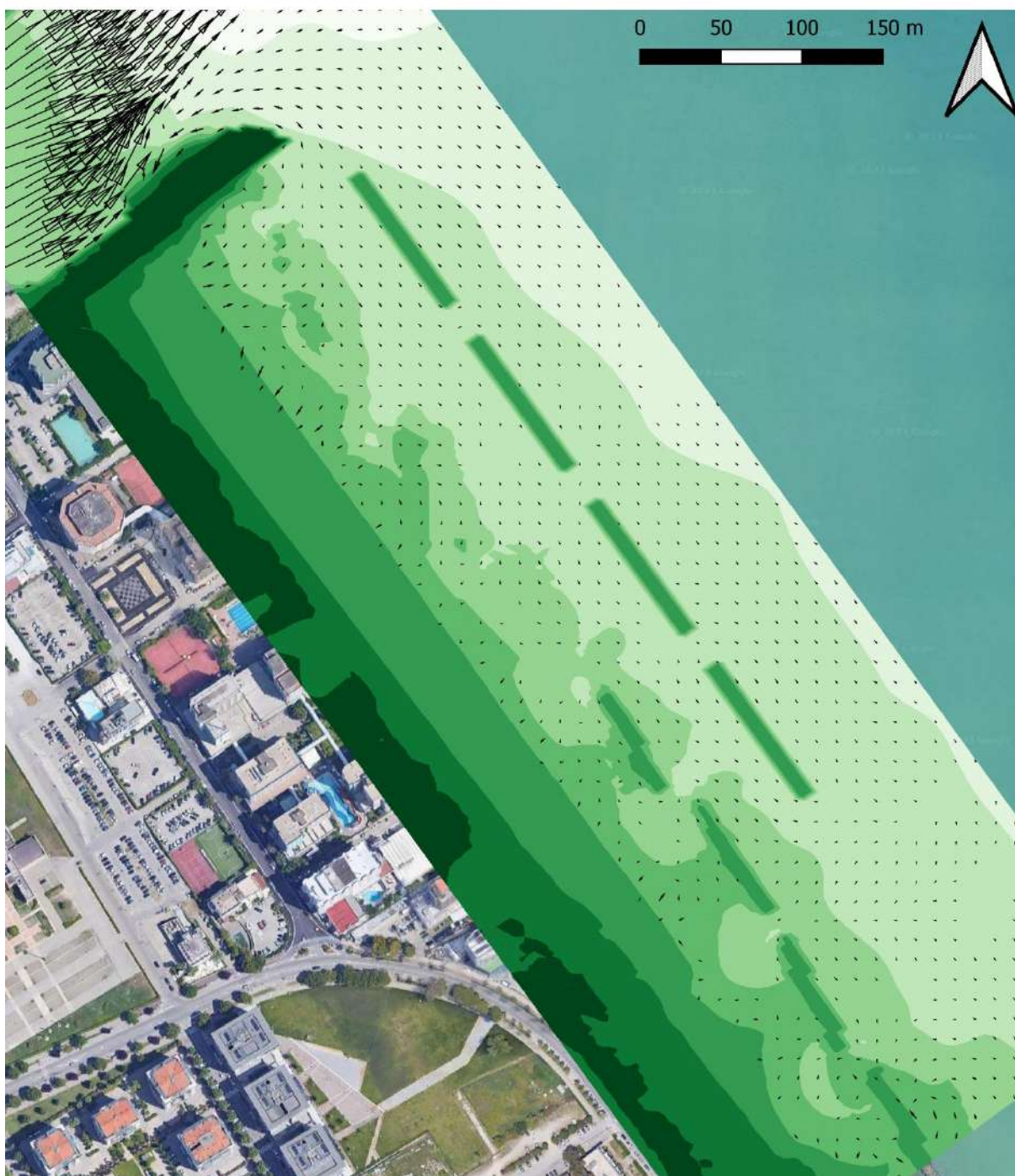


Figura 8-21: scenario di simulazione SC-5; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

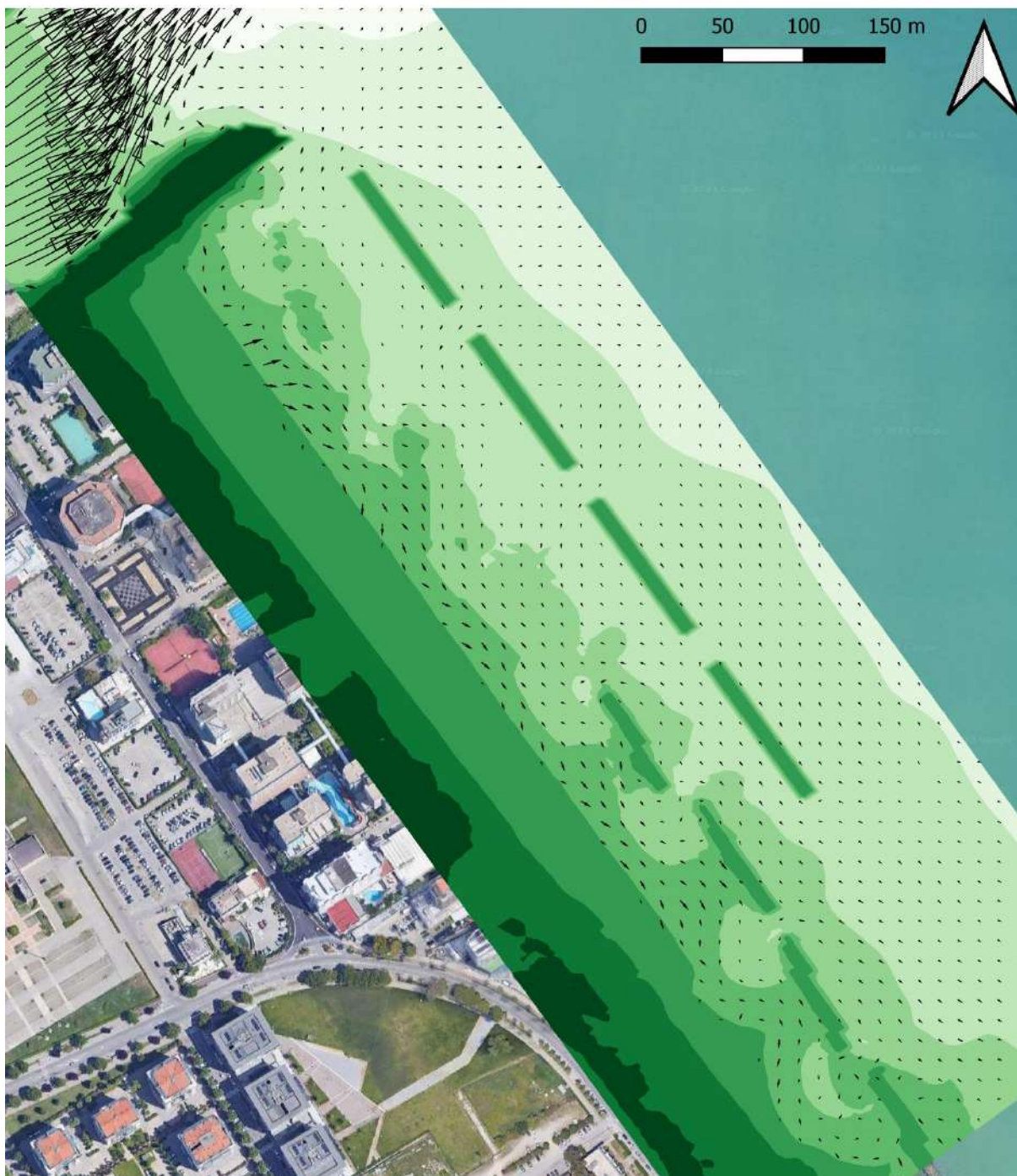


Figura 8-22: scenario di simulazione SC-6; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



8.6 IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

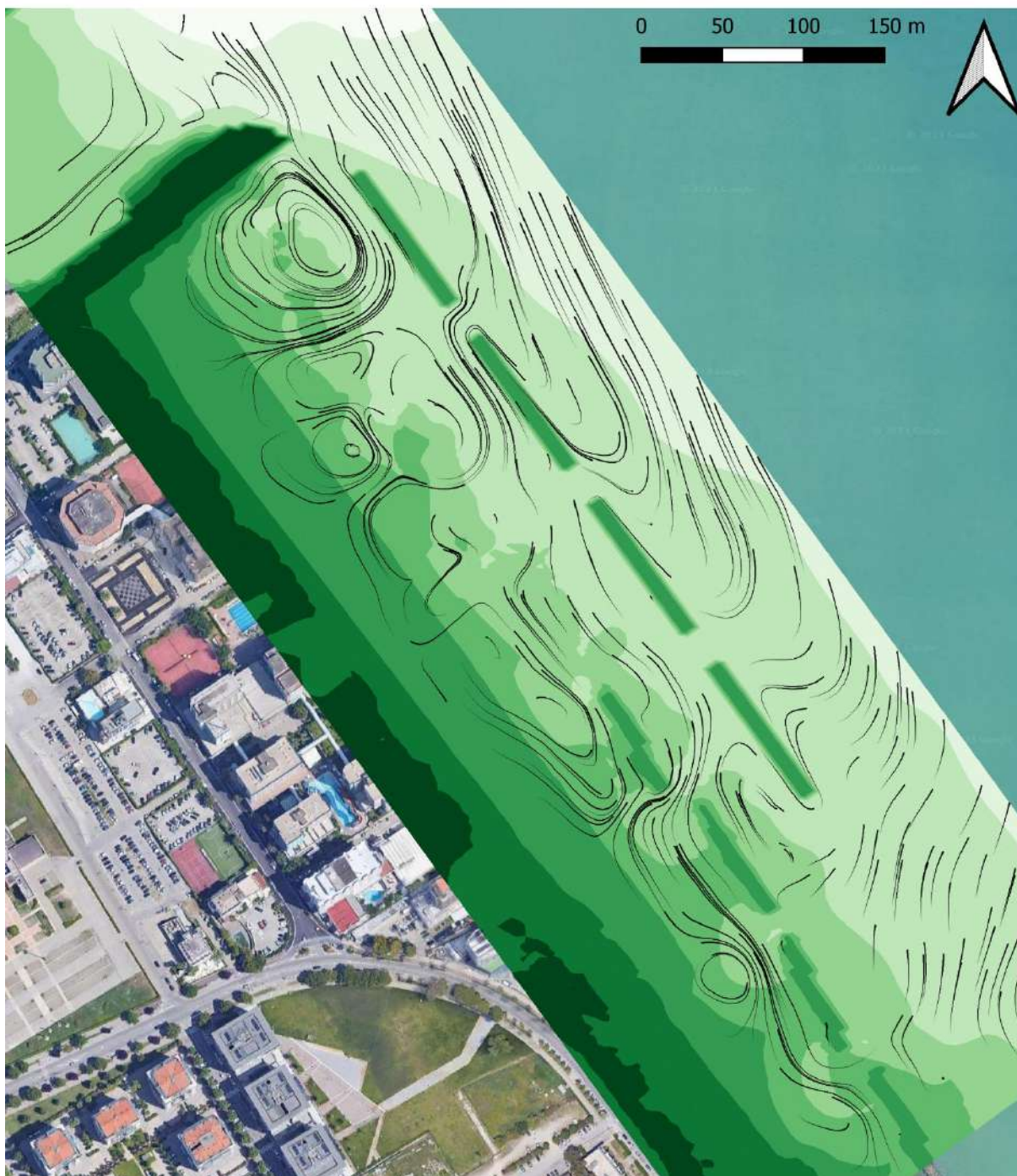


Figura 8-23: scenario di simulazione SC-1; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-24: scenario di simulazione SC-2; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

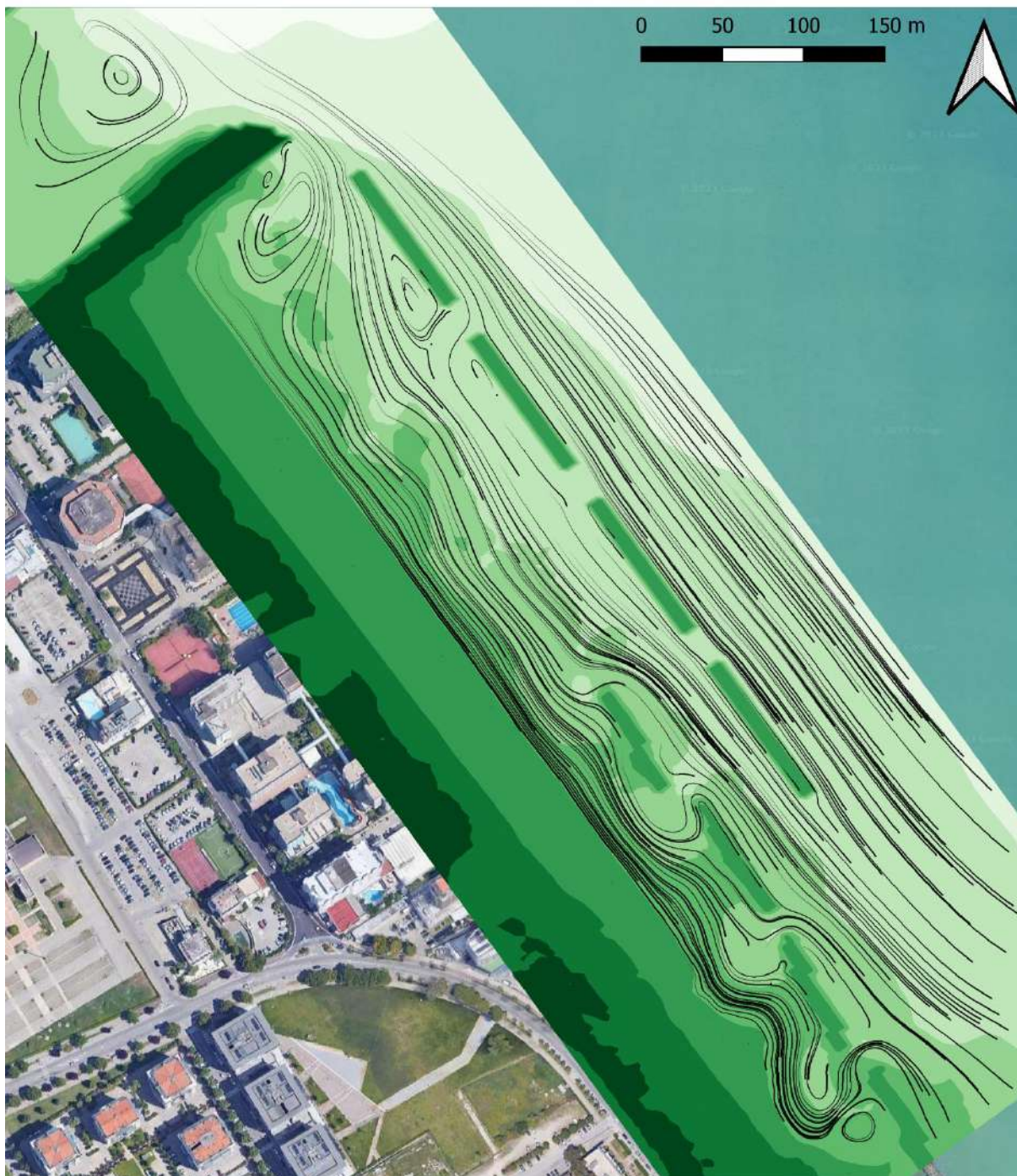


Figura 8-25: scenario di simulazione SC-3; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-26: scenario di simulazione SC-4; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-27: scenario di simulazione SC-5; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 8-28: scenario di simulazione SC-6; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



8.7 IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

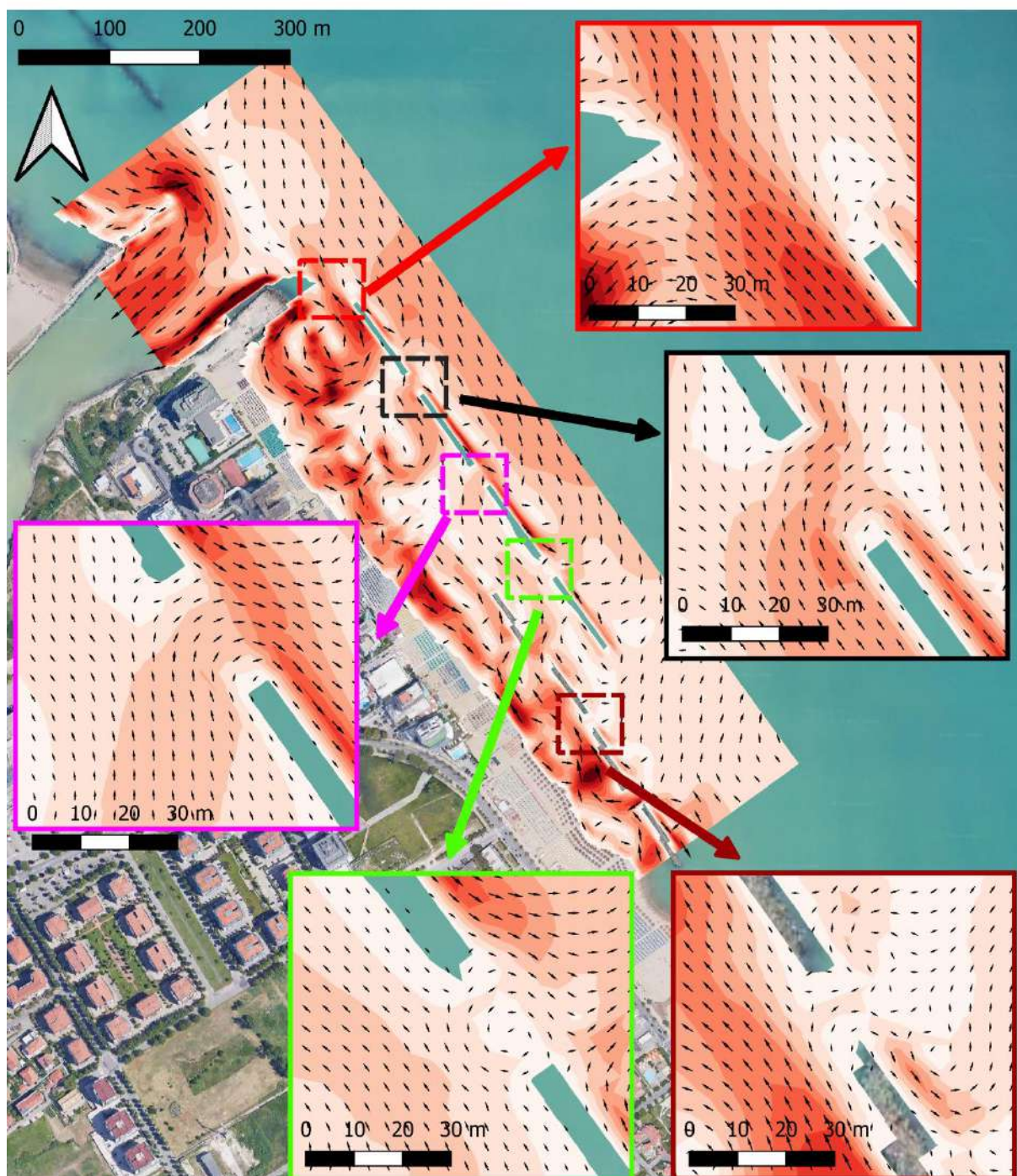
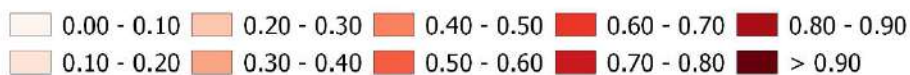


Figura 8-29: scenario di simulazione SC-1; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

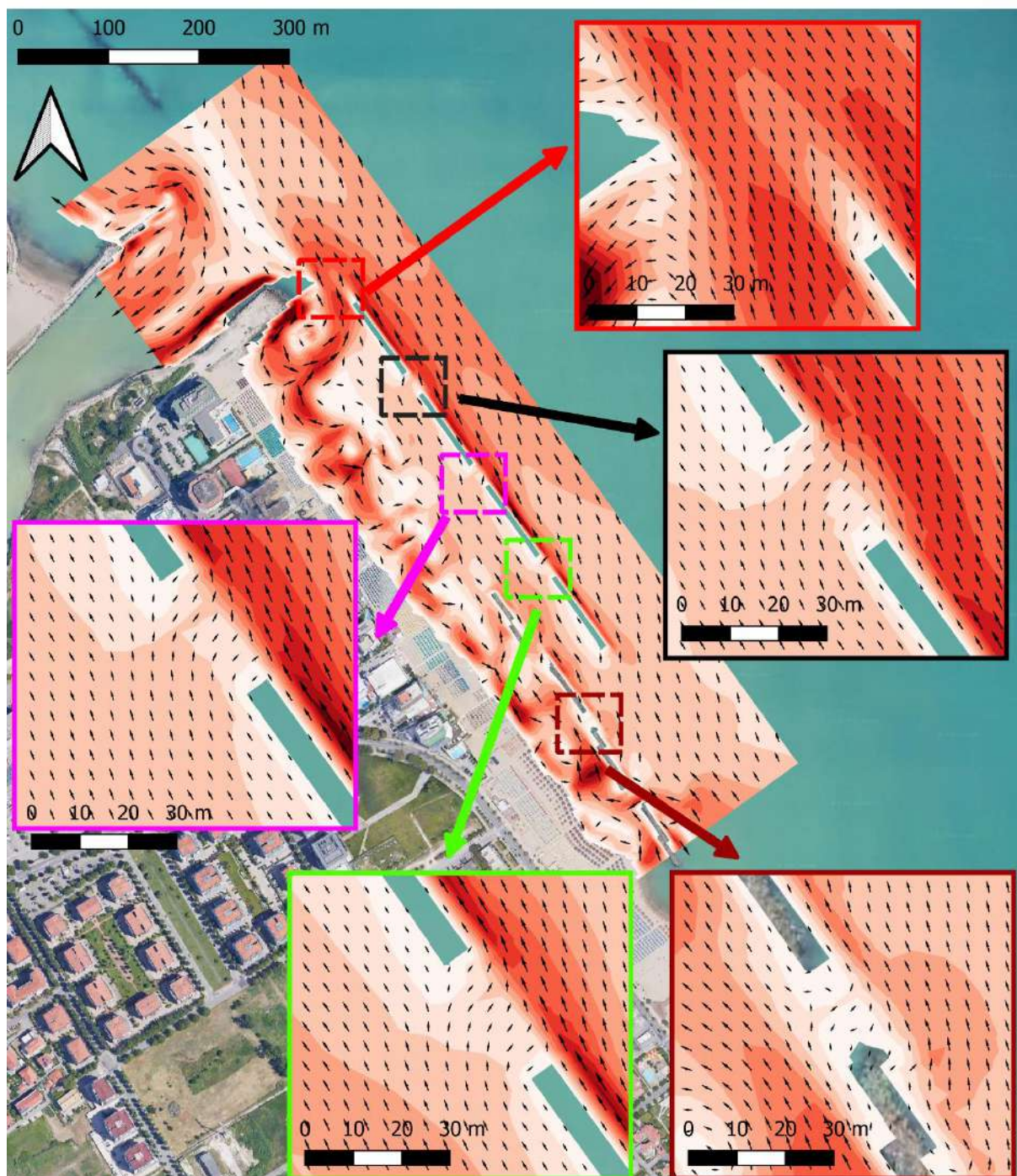
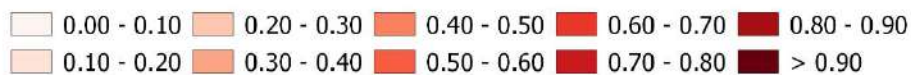


Figura 8-30: scenario di simulazione SC-2; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

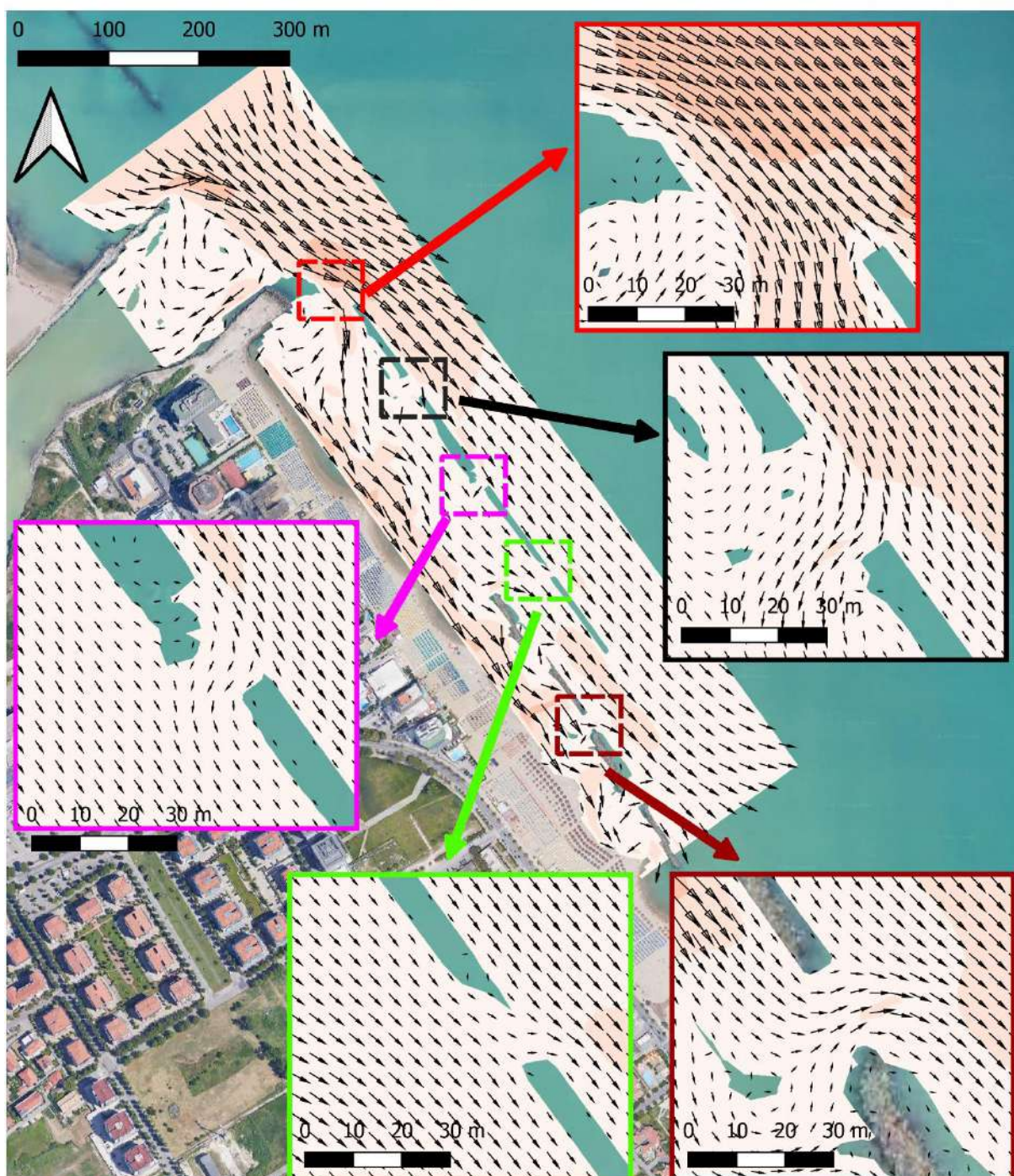
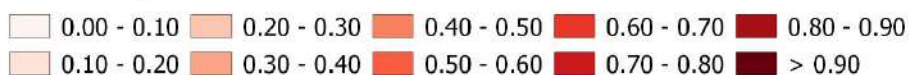


Figura 8-31: scenario di simulazione SC-3; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

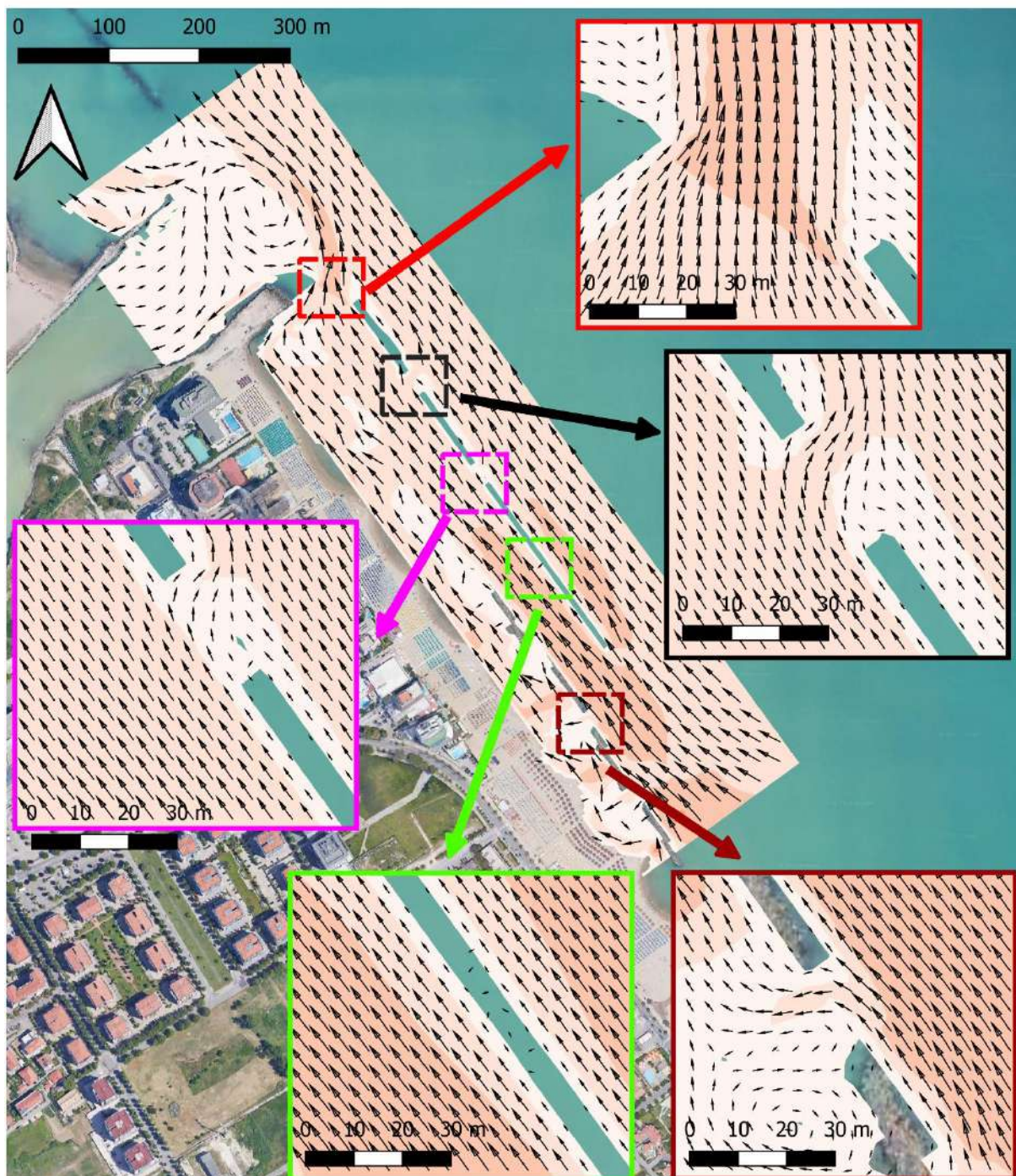
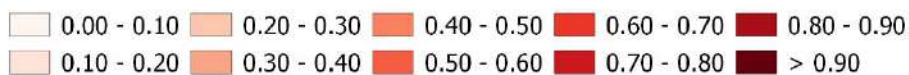


Figura 8-32: scenario di simulazione SC-4; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

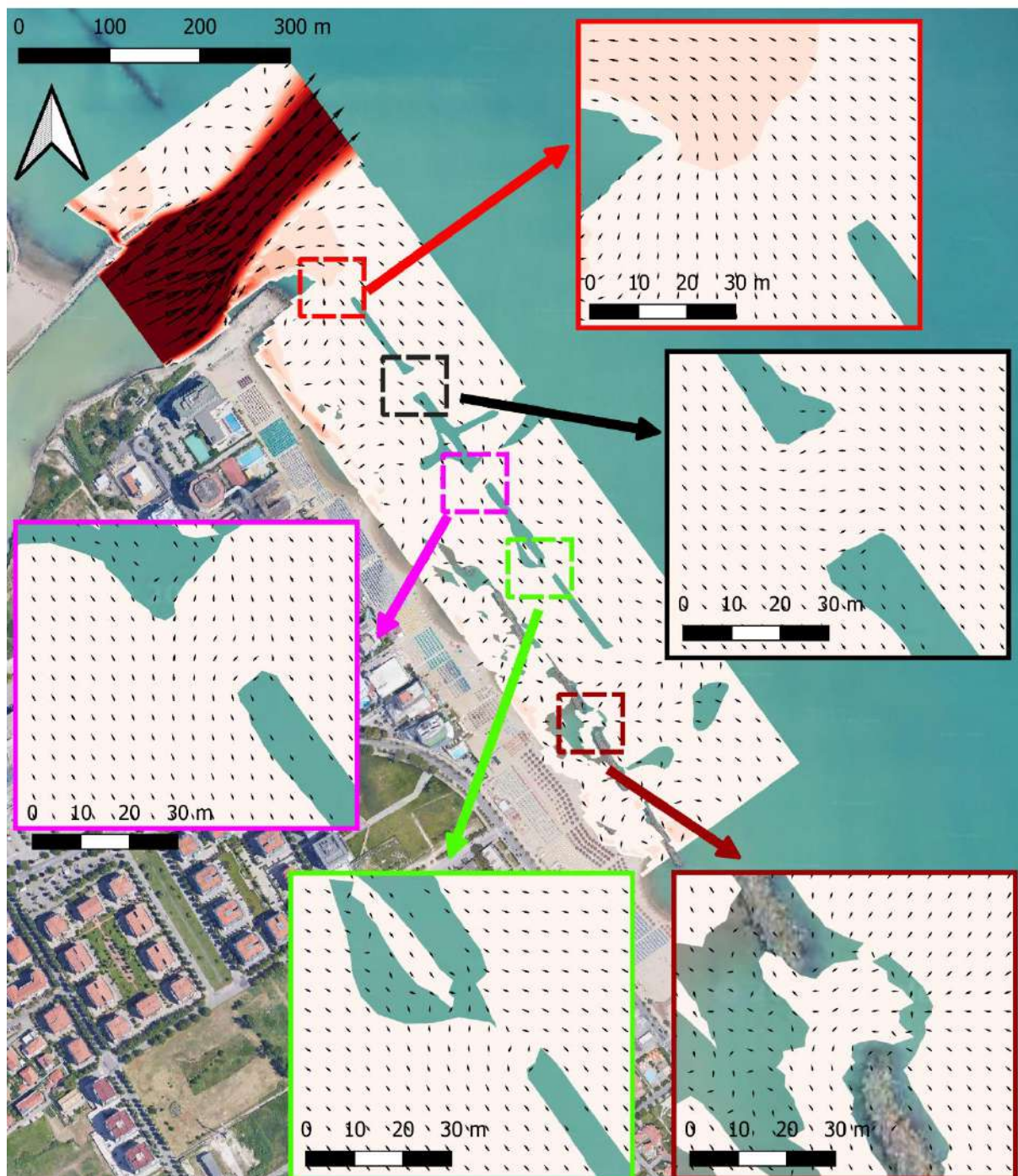
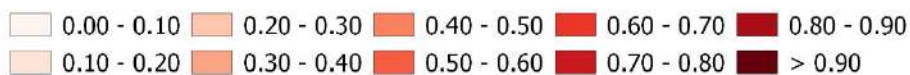


Figura 8-33: scenario di simulazione SC-5; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

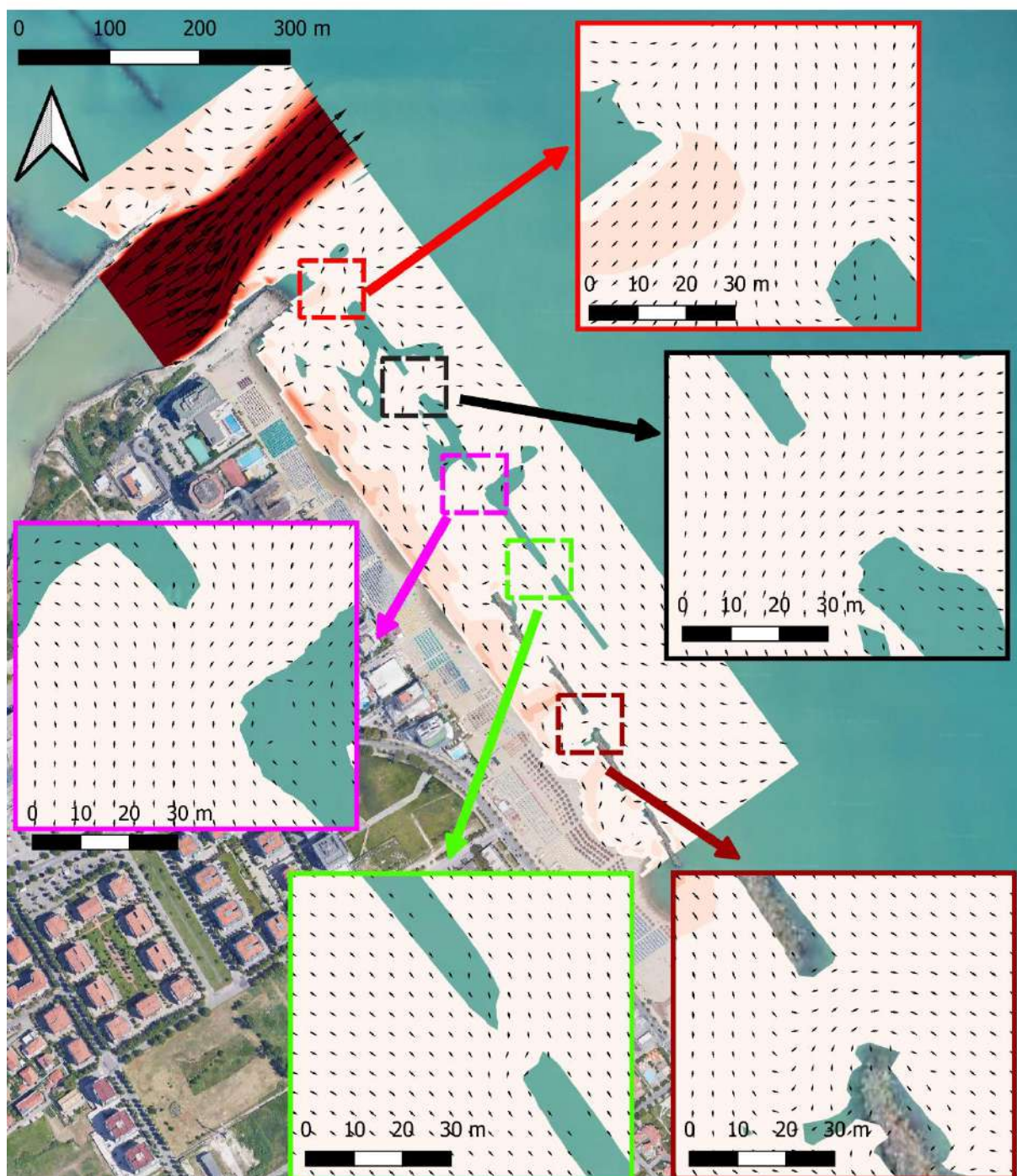
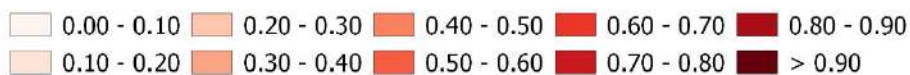


Figura 8-34: scenario di simulazione SC-6; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).



REGIONE ABRUZZO

CITTÀ DI MONTESILVANO (PE)

Realizzazione, manutenzione e rifioritura di scogliere nell'ambito della programmazione
approvata con DGR n. 181 del 31.03.2021

Studio Idrodinamico

9 CONFIGURAZIONE DI PROGETTO B: RISULTATI NUMERICI



9.1 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA QUADRATICA MEDIA



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)

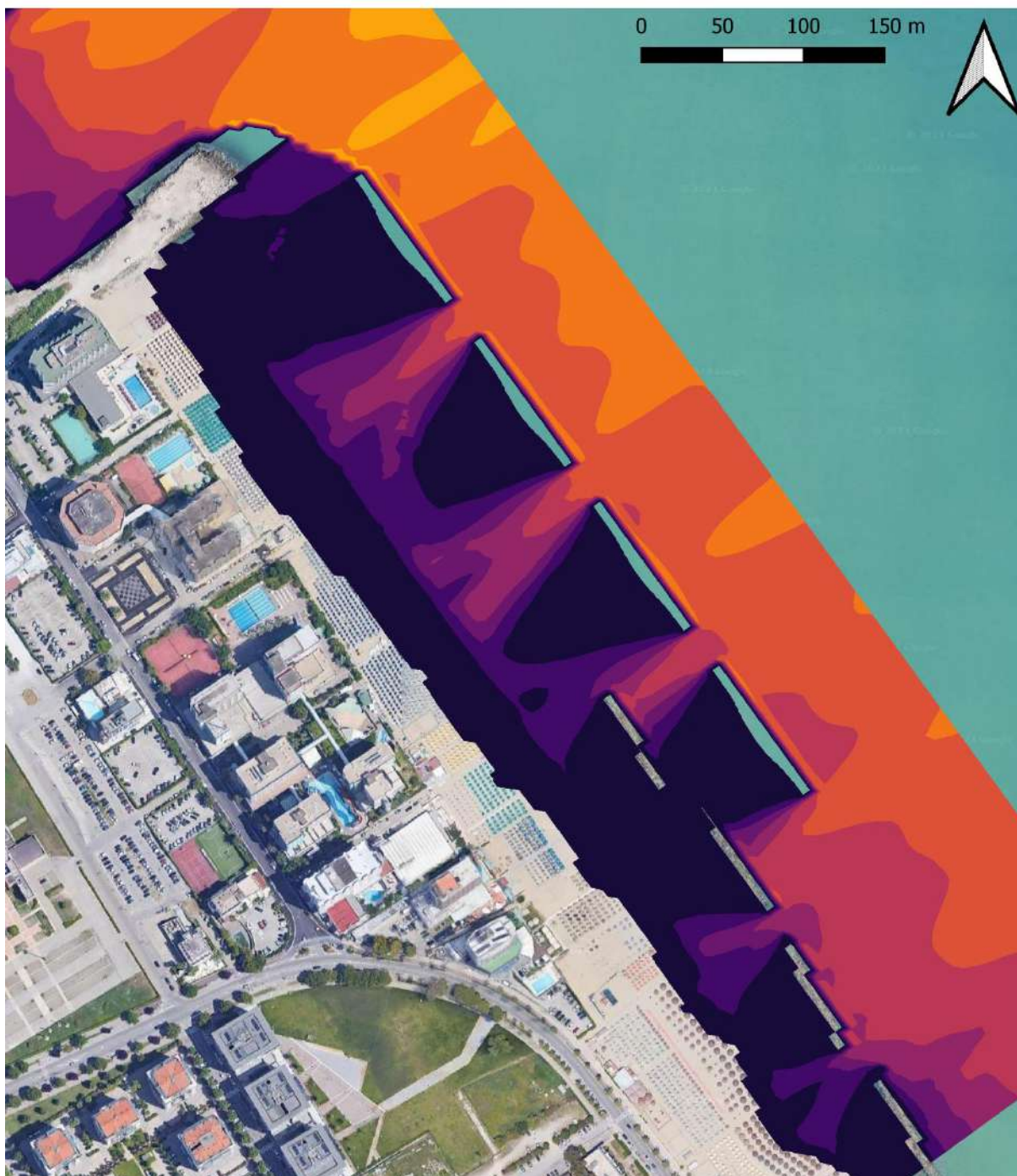


Figura 9-1: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Altezza d'onda quadratica media (Hrms - m)

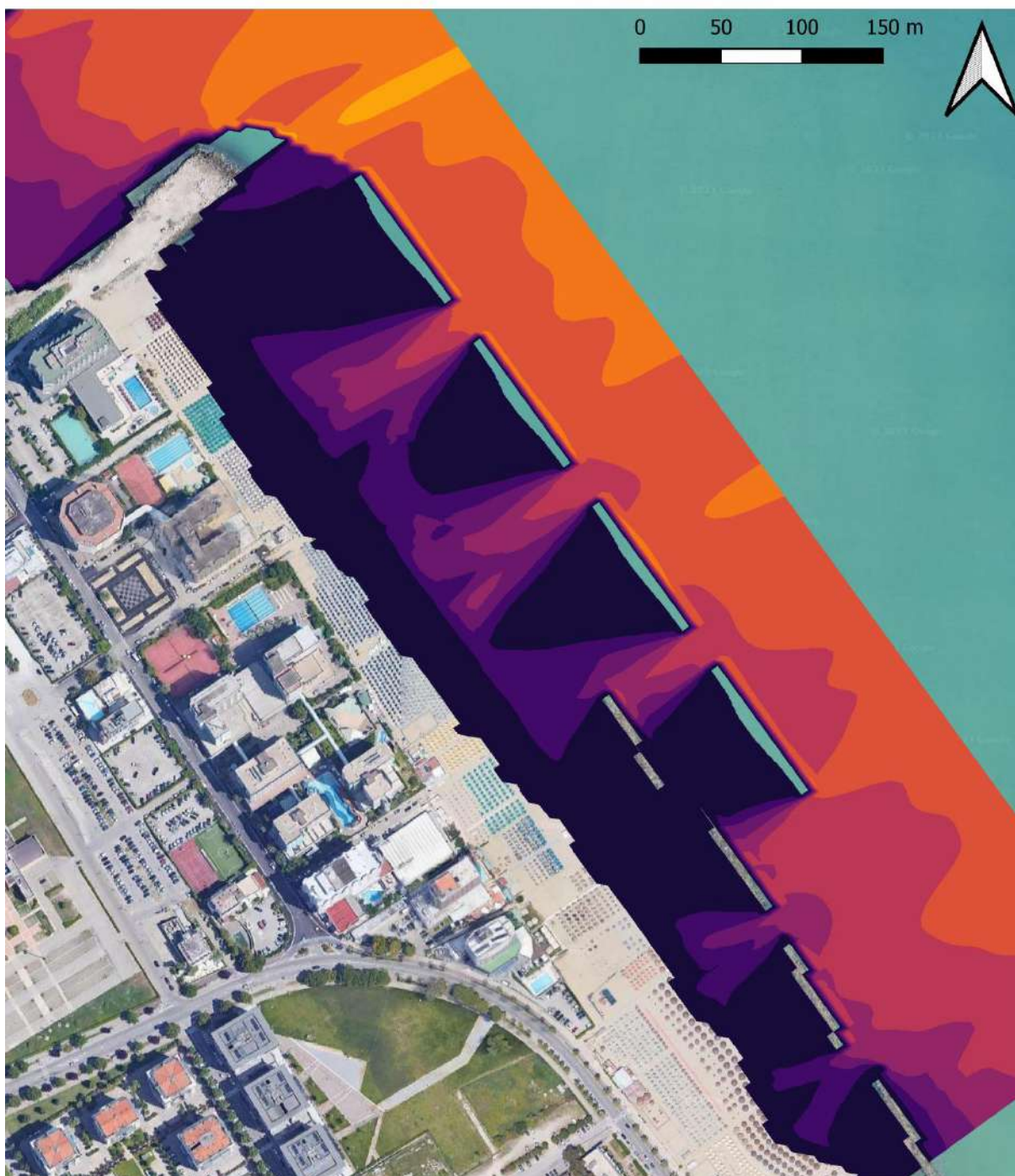
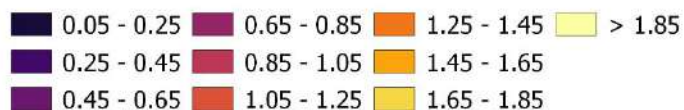


Figura 9-2: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'altezza d'onda quadratica media nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione.



9.2 PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI: DISTRIBUZIONE DELLA DIREZIONE MEDIA DI PROPAGAZIONE DEL MOTO ONDOSI

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-3: scenario di simulazione SC-1; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Direzione delle onde (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-4: scenario di simulazione SC-2; distribuzione direzione media di propagazione del moto ondoso nella porzione del dominio di calcolo ad alta risoluzione. (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



9.3 IDRODINAMICA: LIVELLI DEL MARE



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

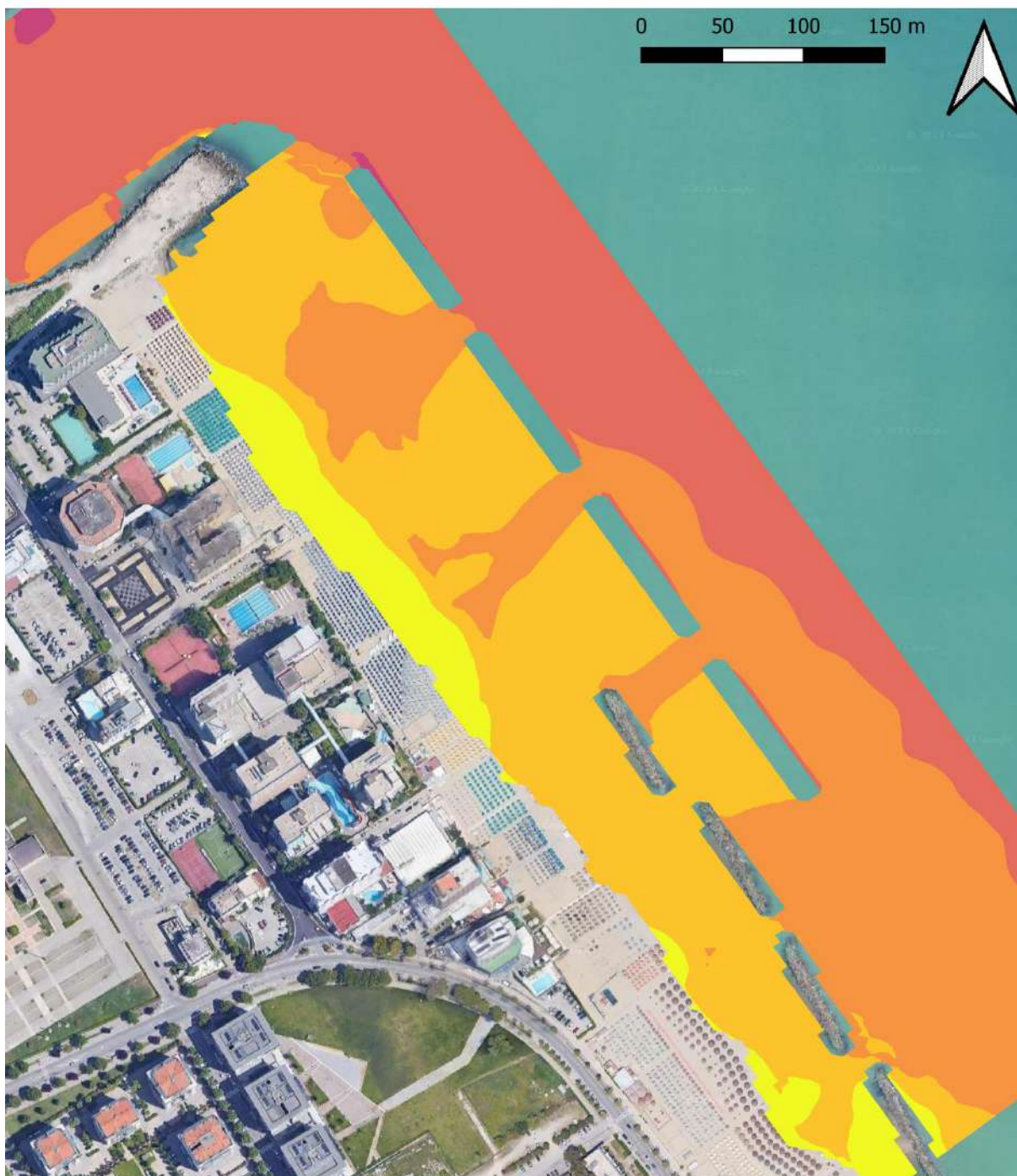
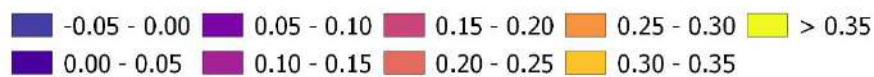


Figura 9-5: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "A"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)



Figura 9-6: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)



Figura 9-7: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

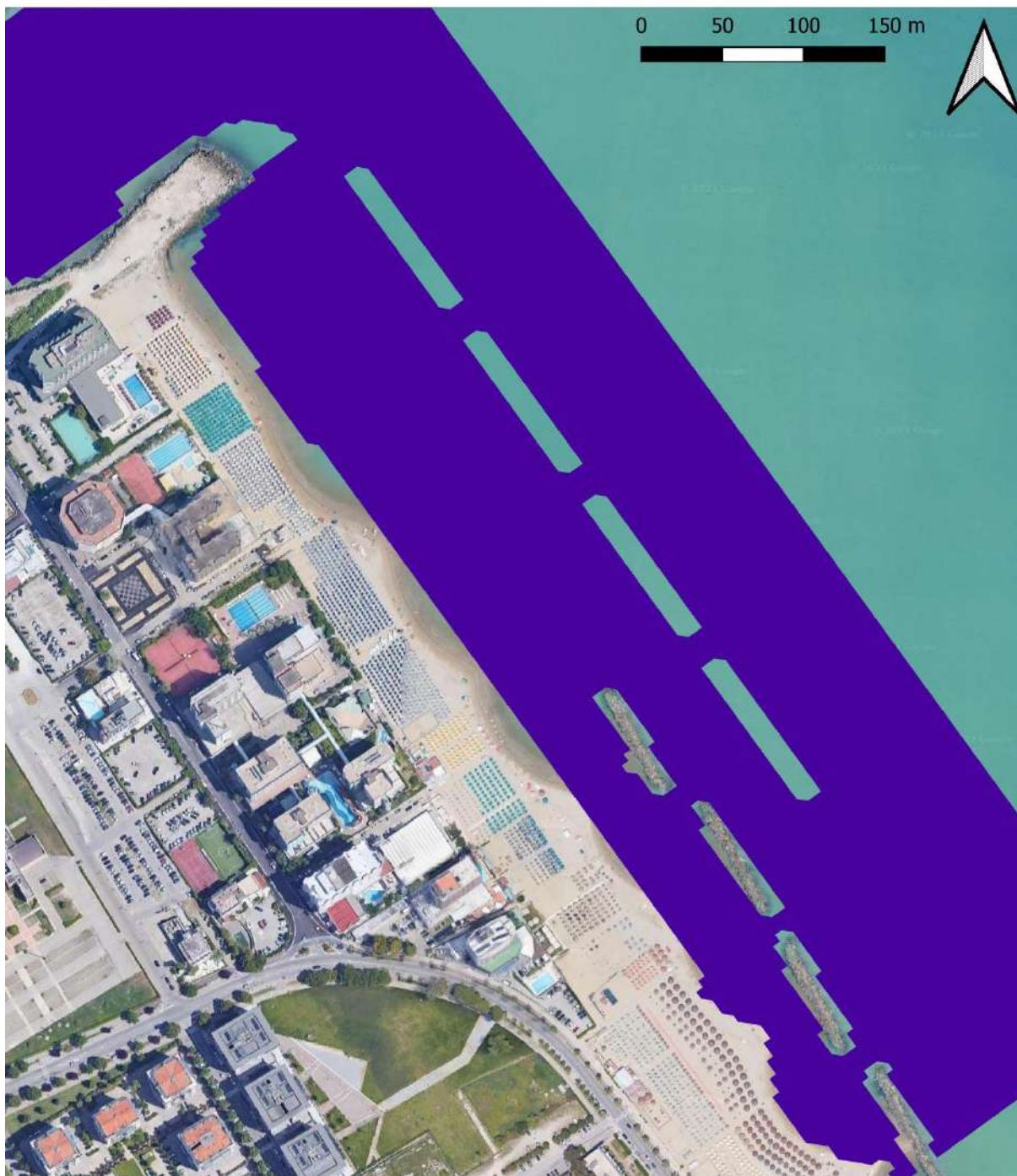


Figura 9-8: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

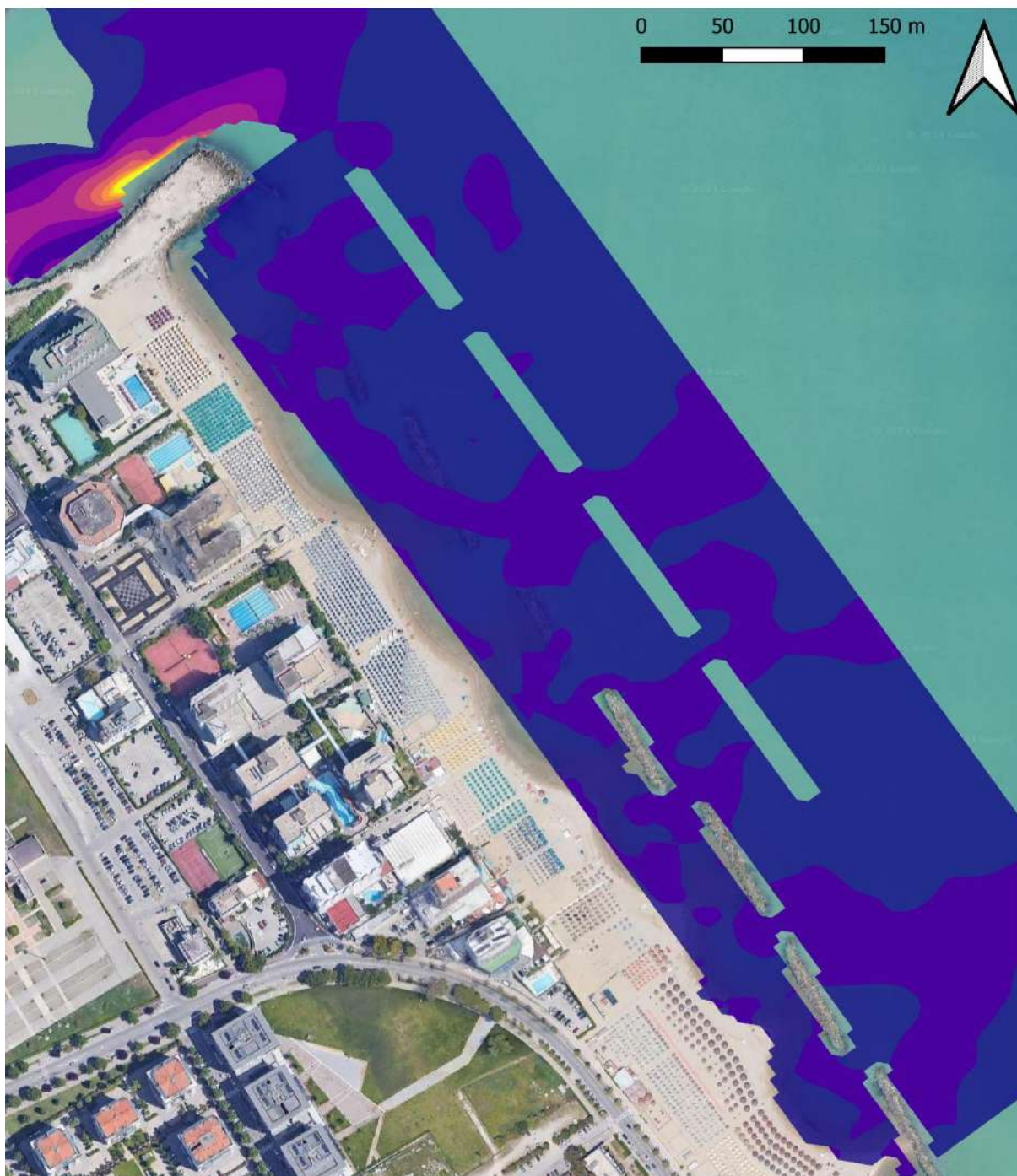


Figura 9-9: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dei livelli del mare.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Livelli del mare (m lmm)

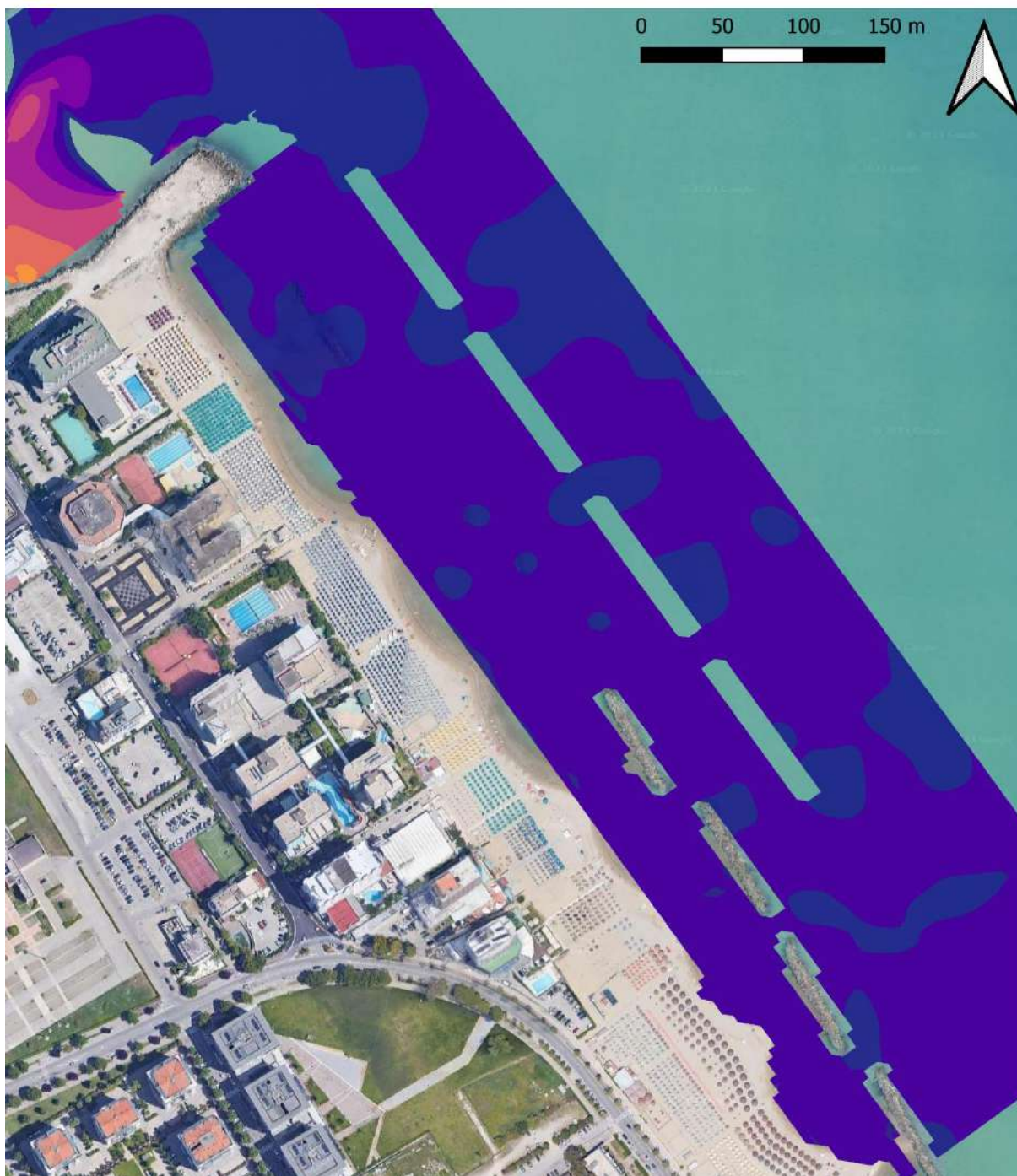


Figura 9-10: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dei livelli del mare.



9.4 IDRODINAMICA: INTENSITÀ DELLE CORRENTI



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-11: scenario di simulazione SC-1; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-12: scenario di simulazione SC-2; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-13: scenario di simulazione SC-3; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-14: scenario di simulazione SC-4; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-15: scenario di simulazione SC-5; distribuzione dell'intensità della corrente.



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Intensità di velocità (m/s)



Figura 9-16: scenario di simulazione SC-6; distribuzione dell'intensità della corrente.



9.5 IDRODINAMICA: CAMPO VETTORIALE DELLE CORRENTI



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-17: scenario di simulazione SC-1; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-18: scenario di simulazione SC-2; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

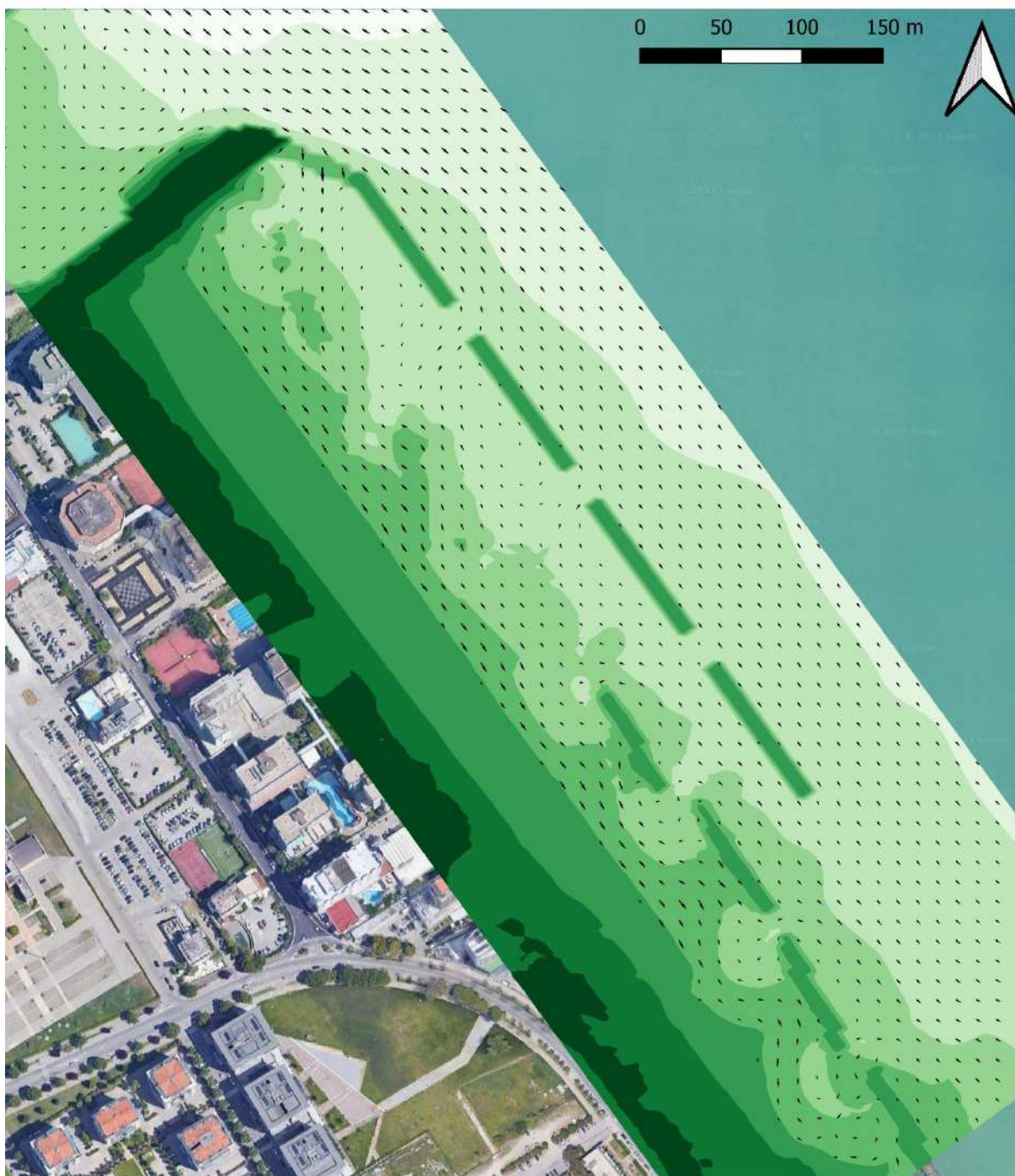


Figura 9-19: scenario di simulazione SC-3; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

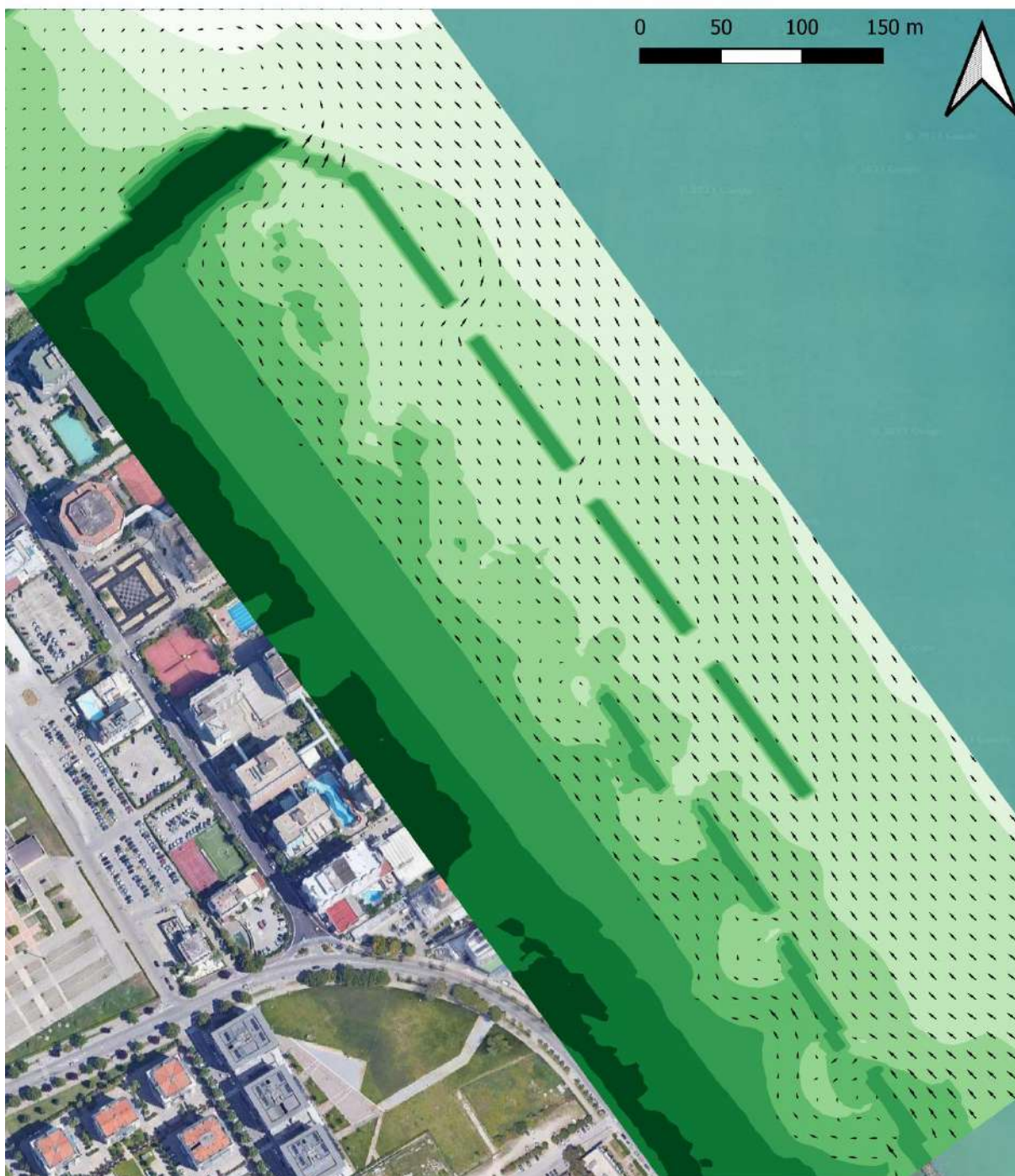


Figura 9-20: scenario di simulazione SC-4; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

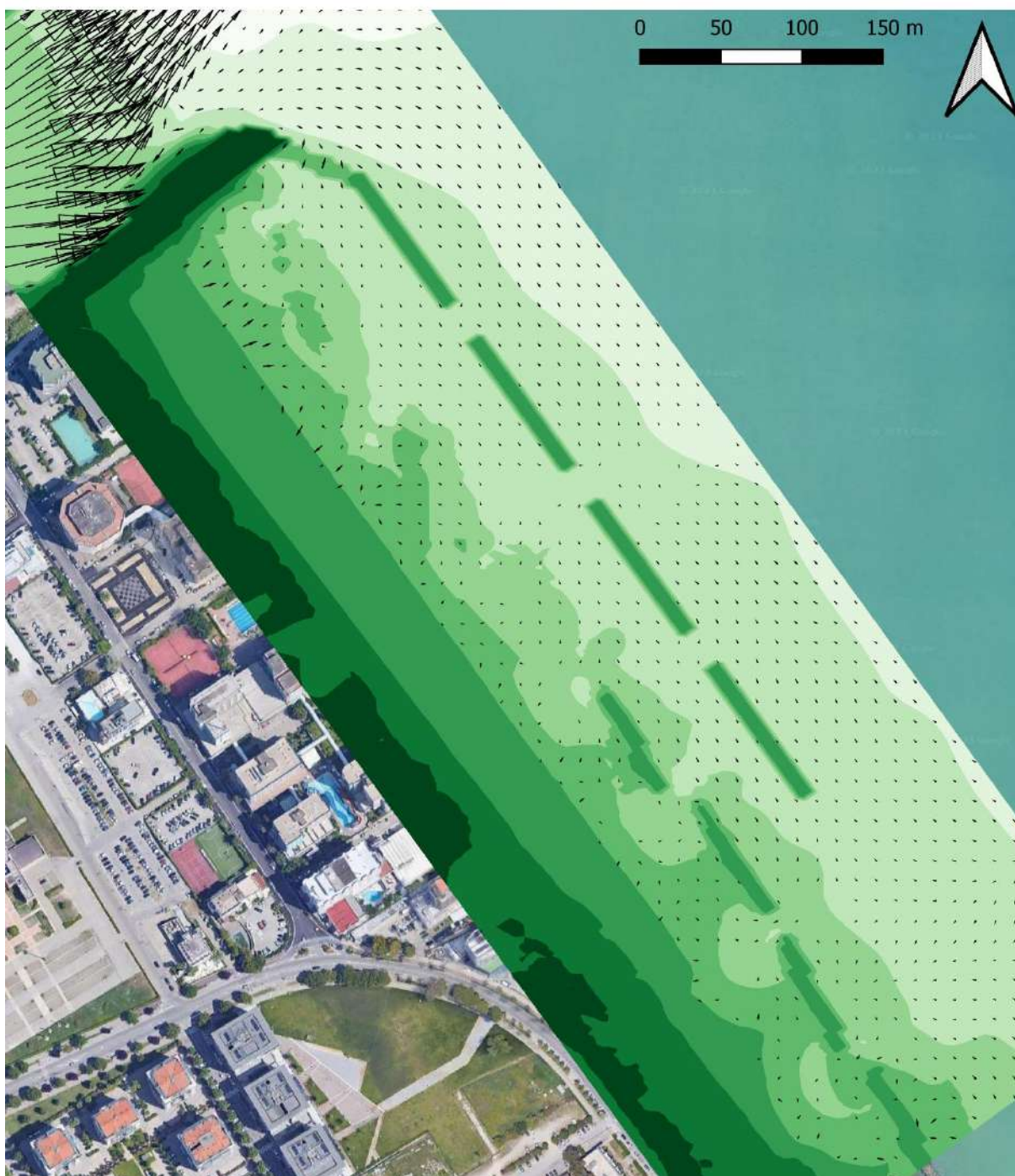


Figura 9-21: scenario di simulazione SC-5; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-22: scenario di simulazione SC-6; campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



9.6 IDRODINAMICA: LINEE DI CORRENTE

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

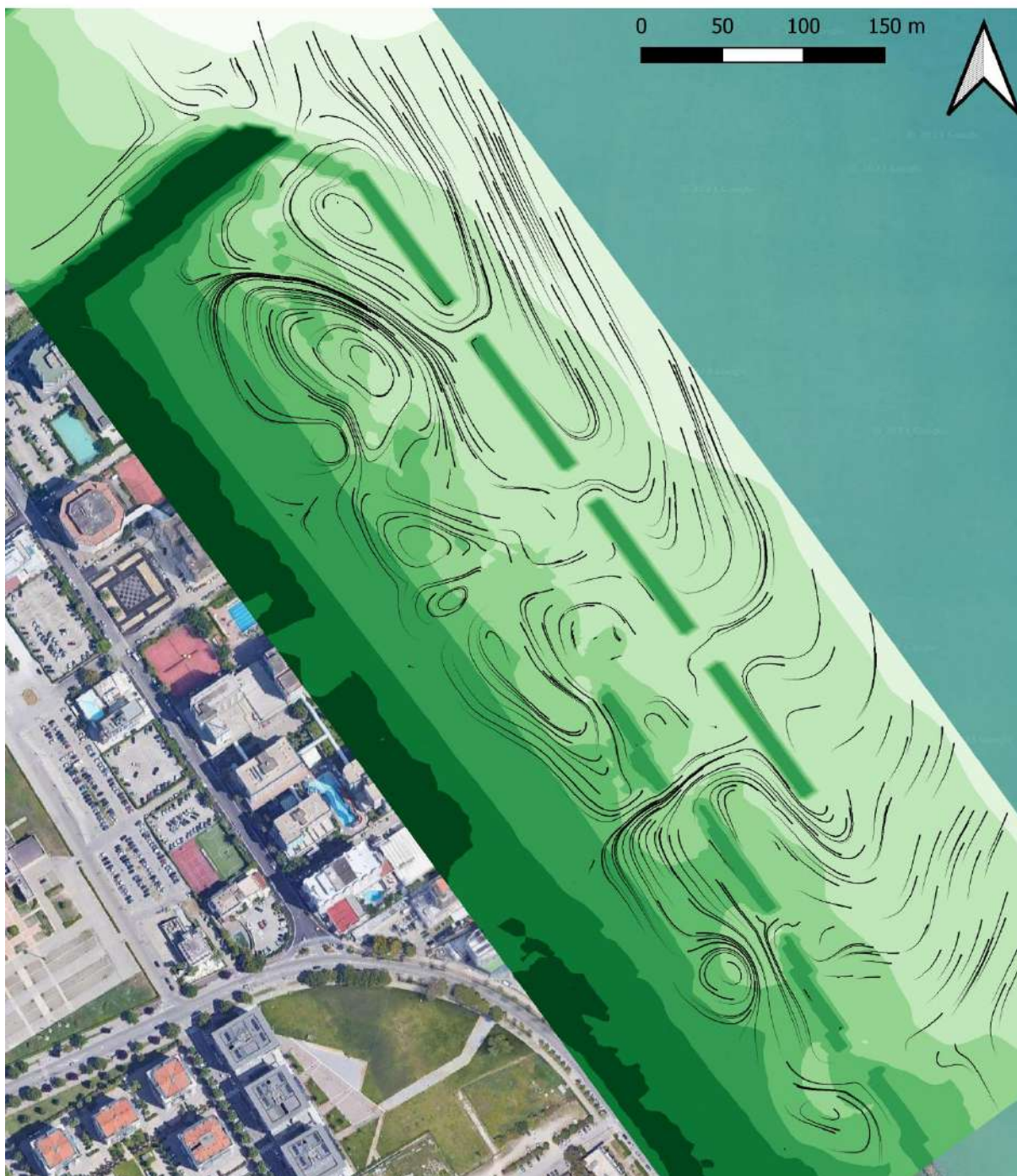


Figura 9-23: scenario di simulazione SC-1; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-24: scenario di simulazione SC-2; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

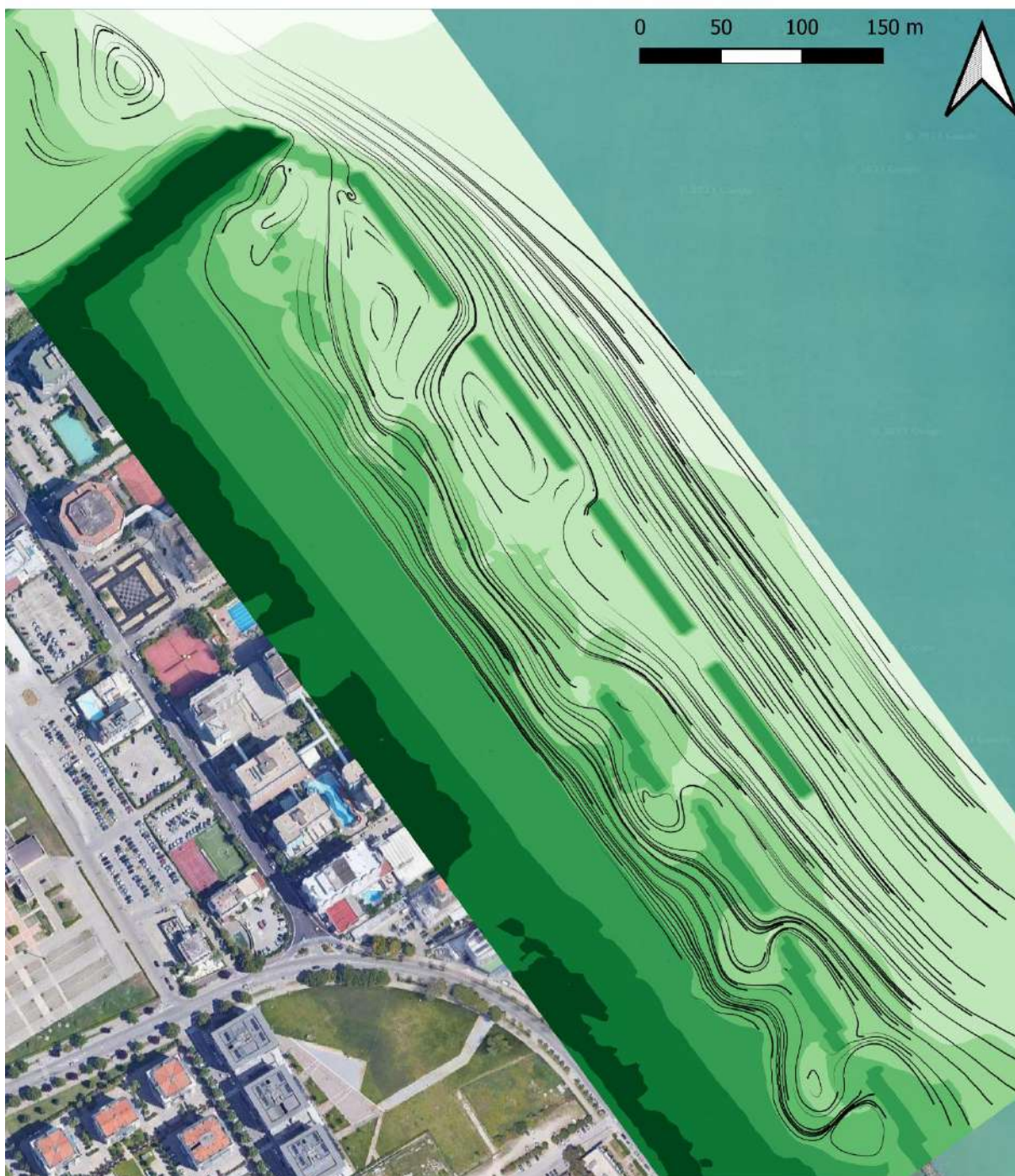


Figura 9-25: scenario di simulazione SC-3; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

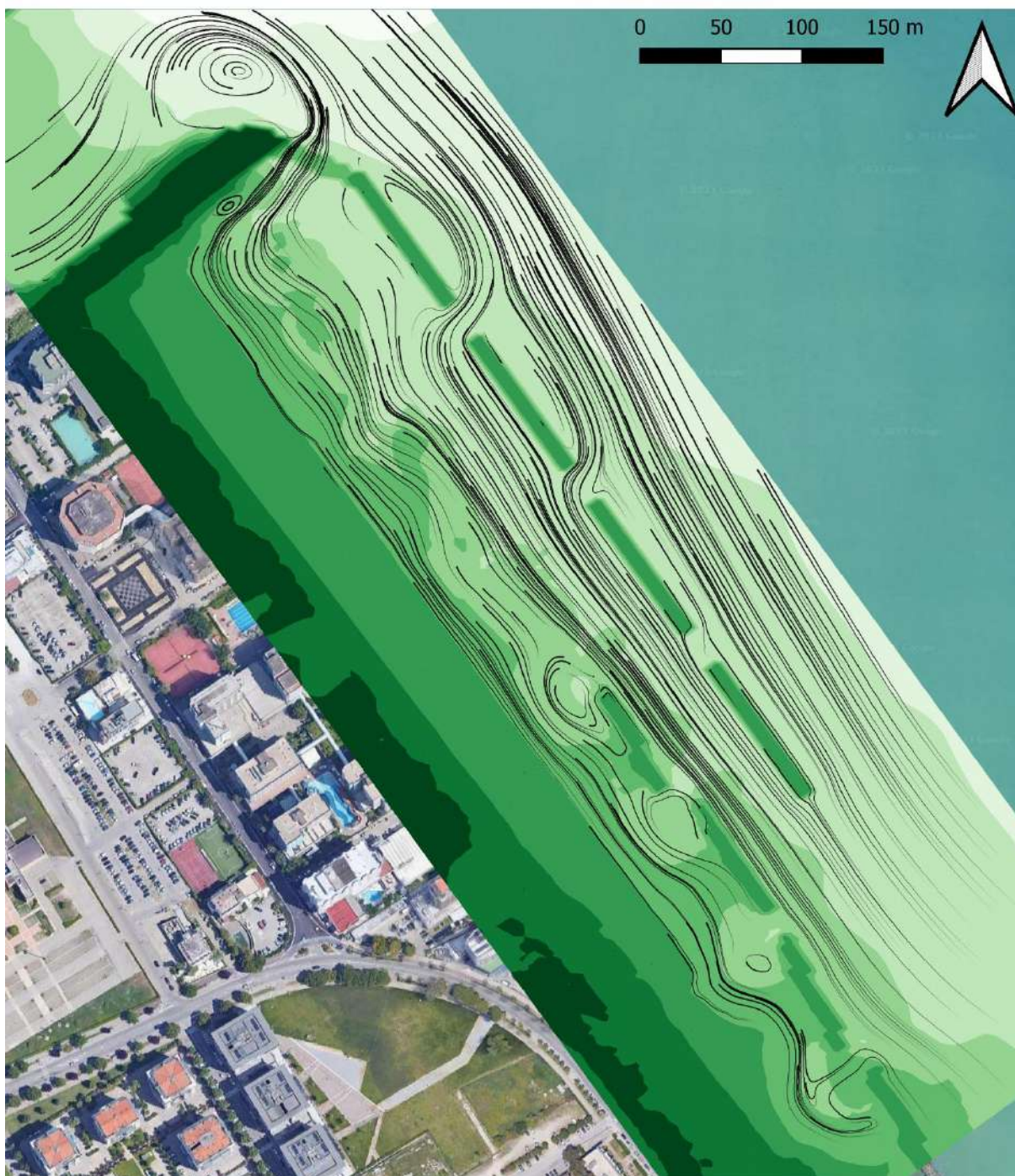


Figura 9-26: scenario di simulazione SC-4; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)

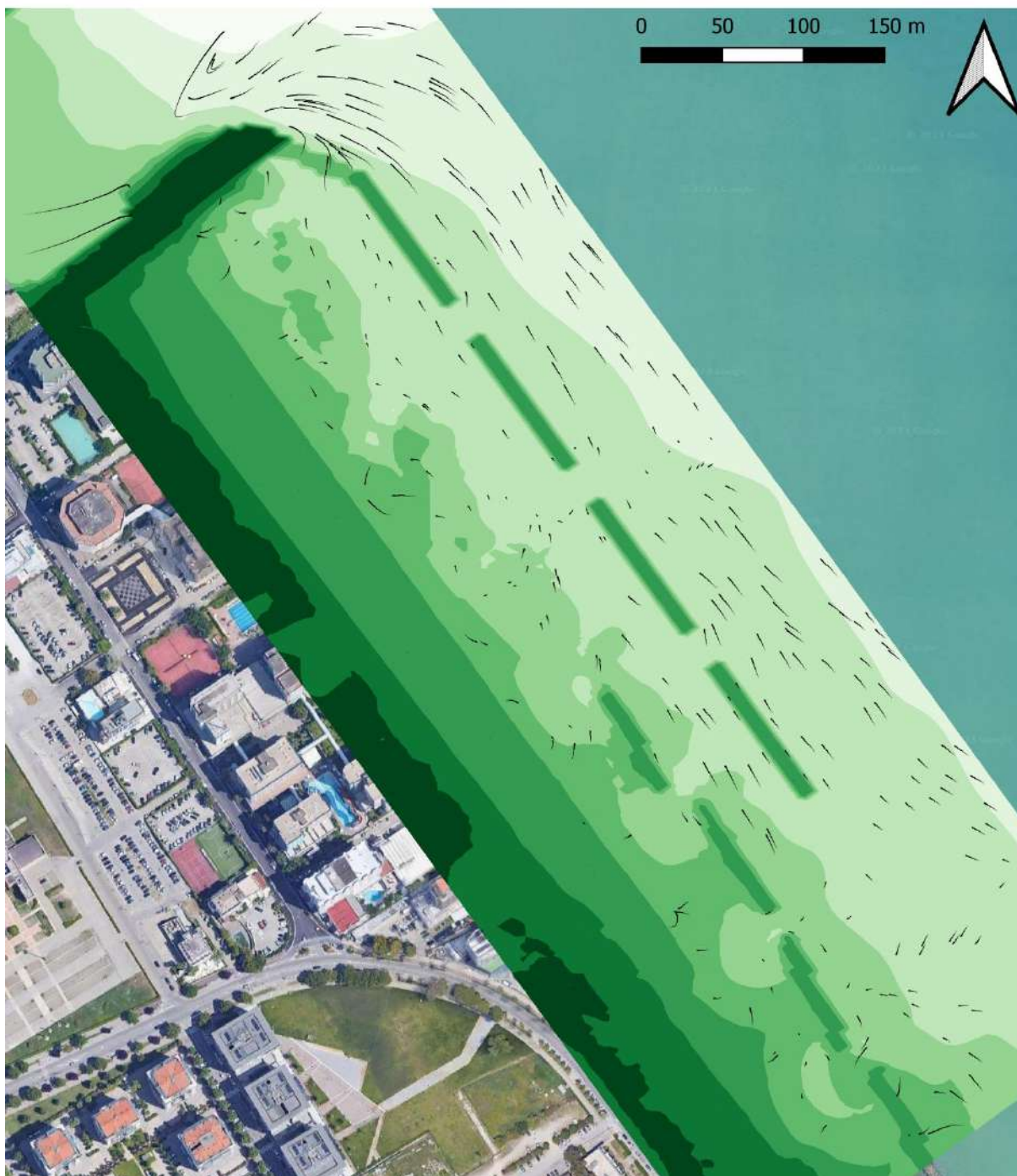


Figura 9-27: scenario di simulazione SC-5; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Campo vettoriale delle correnti (la scala dei colori indica la quota del fondo)



Figura 9-28: scenario di simulazione SC-6; linee di corrente desunte dal campo vettoriale (la scala dei colori rappresenta la quota del fondale).



9.7 IDRODINAMICA: DETTAGLI IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-1

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

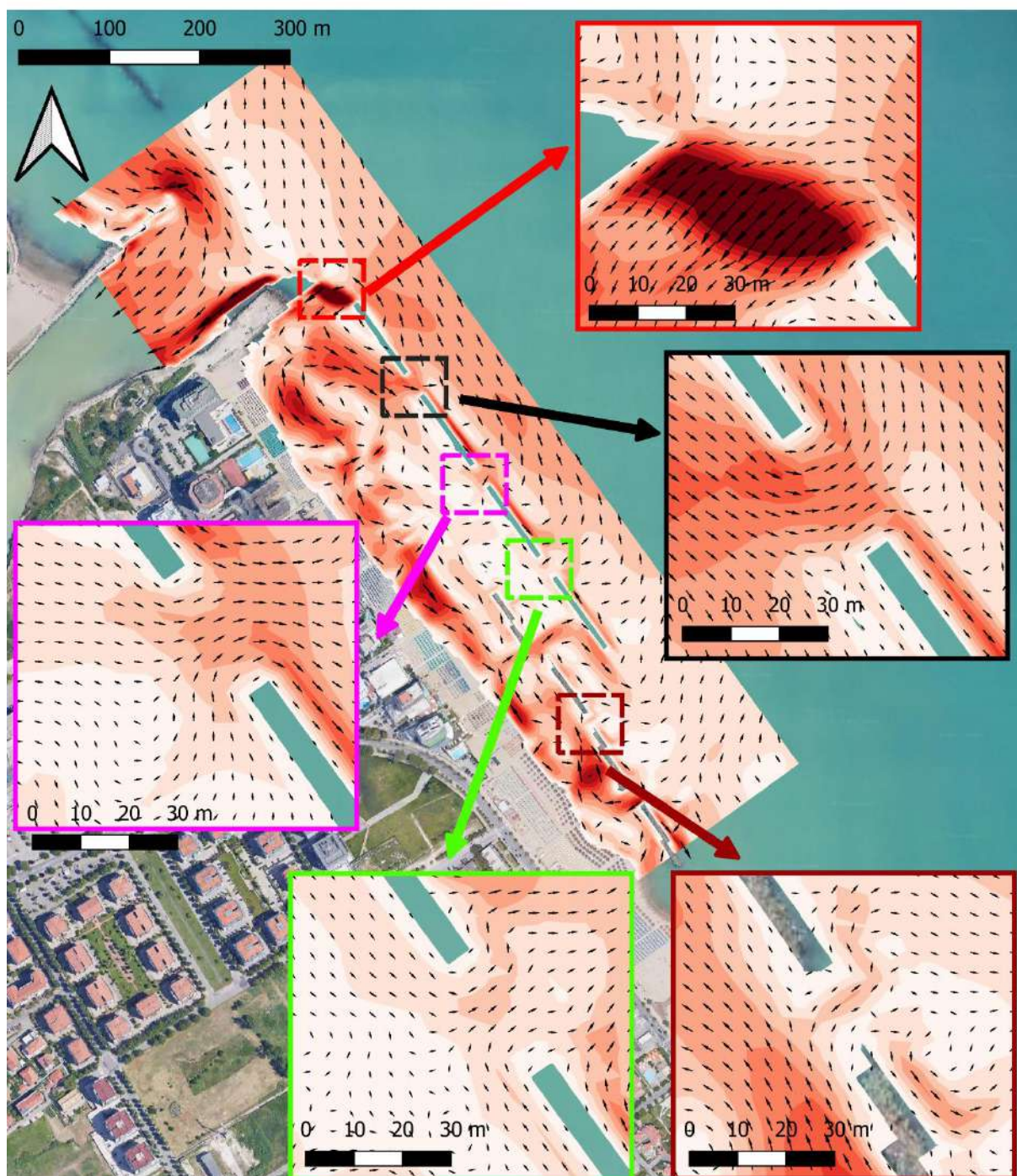
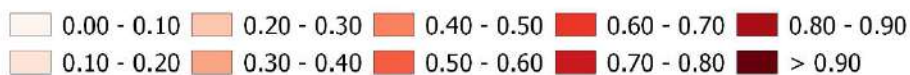


Figura 9-29: scenario di simulazione SC-1; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-2

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

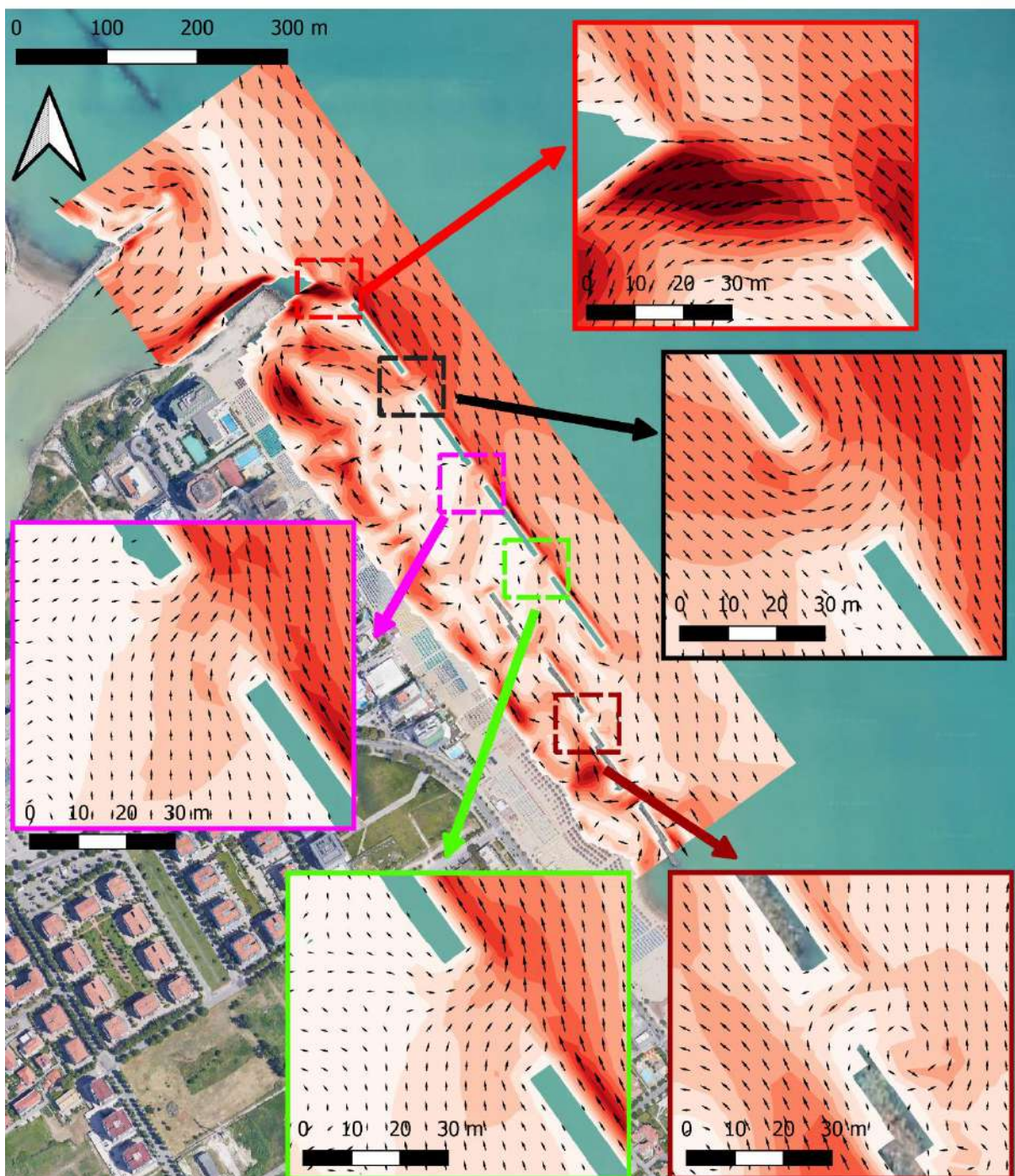


Figura 9-30: scenario di simulazione SC-2; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-3

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

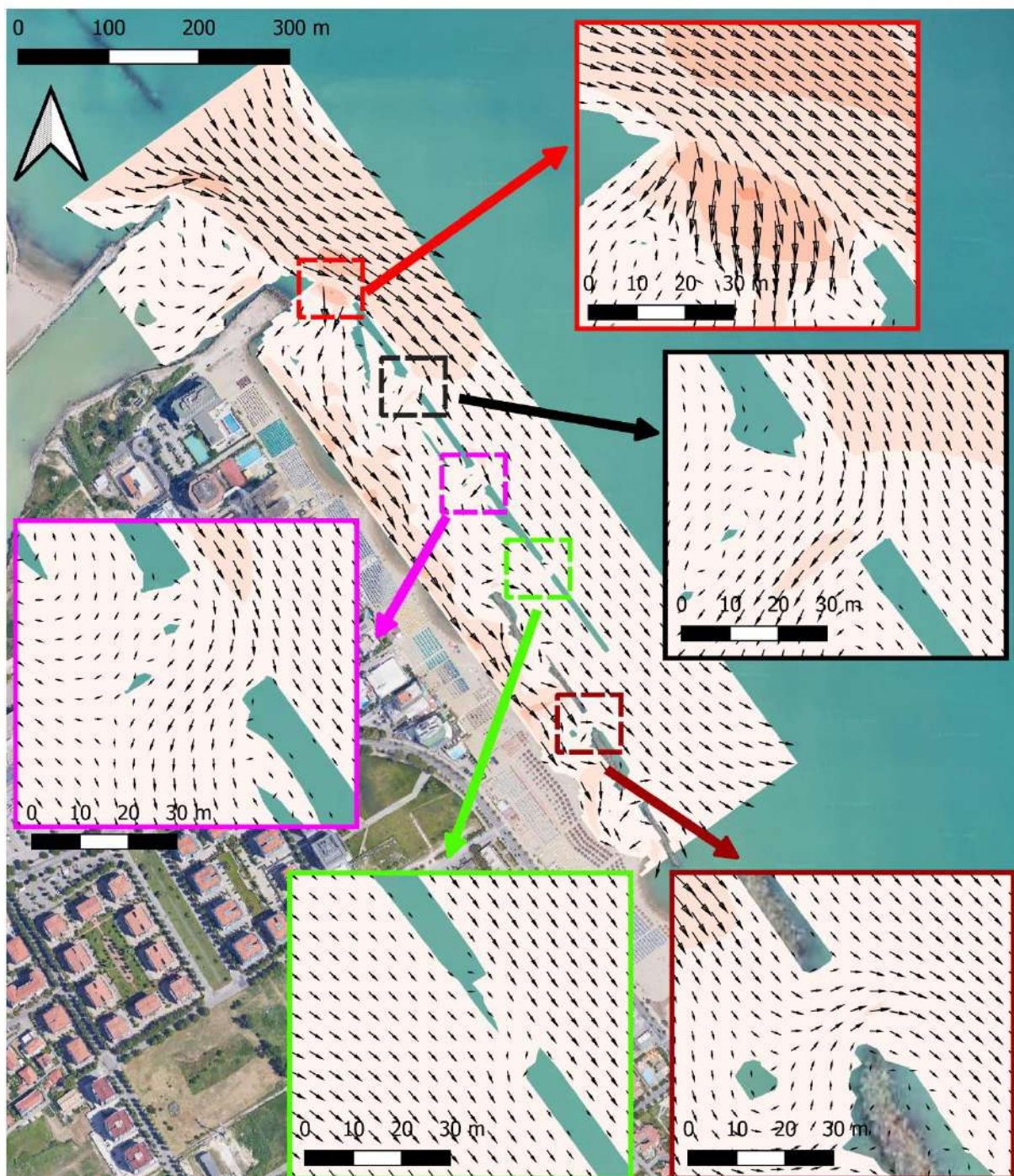
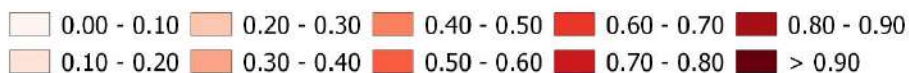


Figura 9-31: scenario di simulazione SC-3; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-4

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

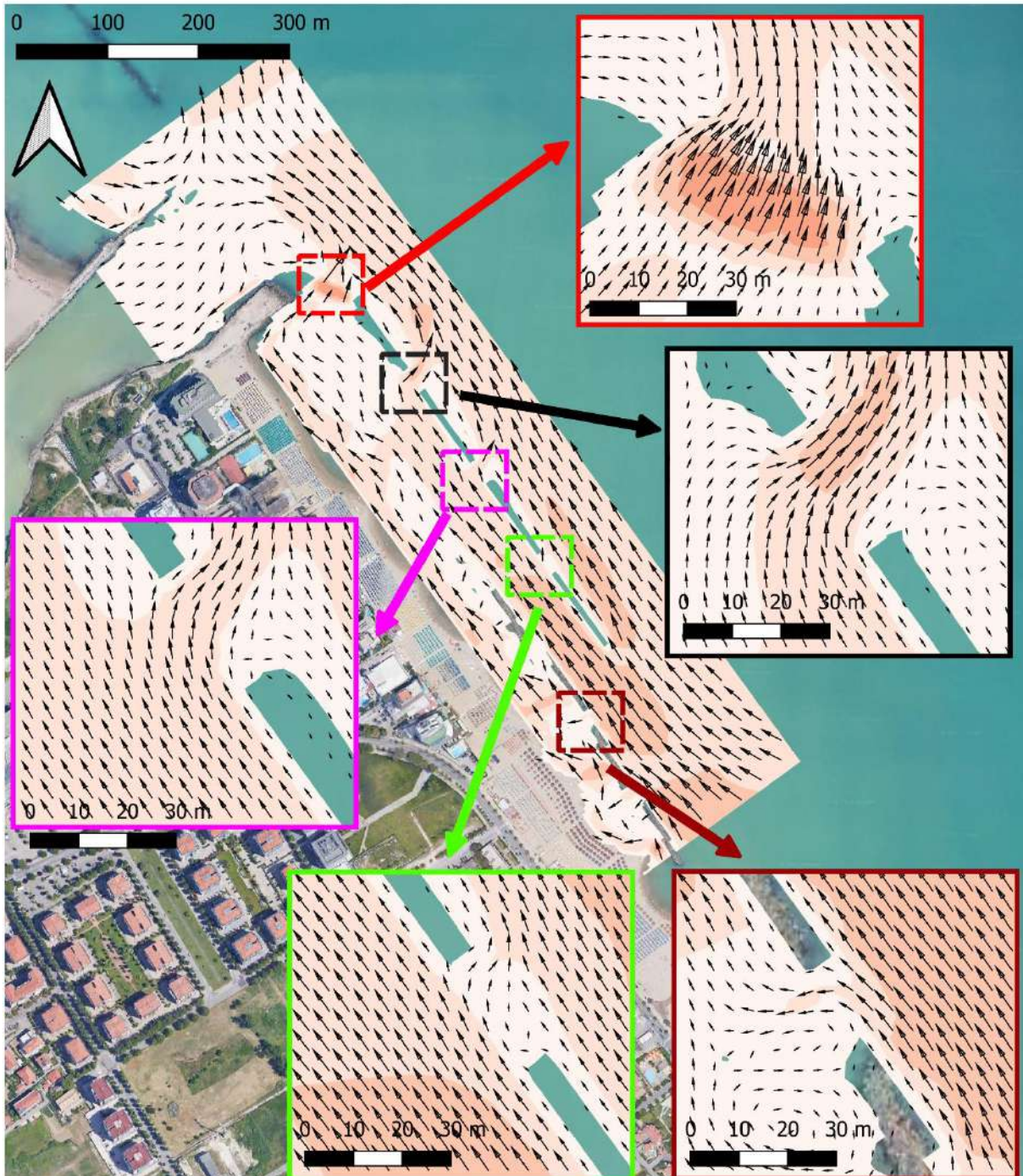


Figura 9-32: scenario di simulazione SC-4; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-5

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

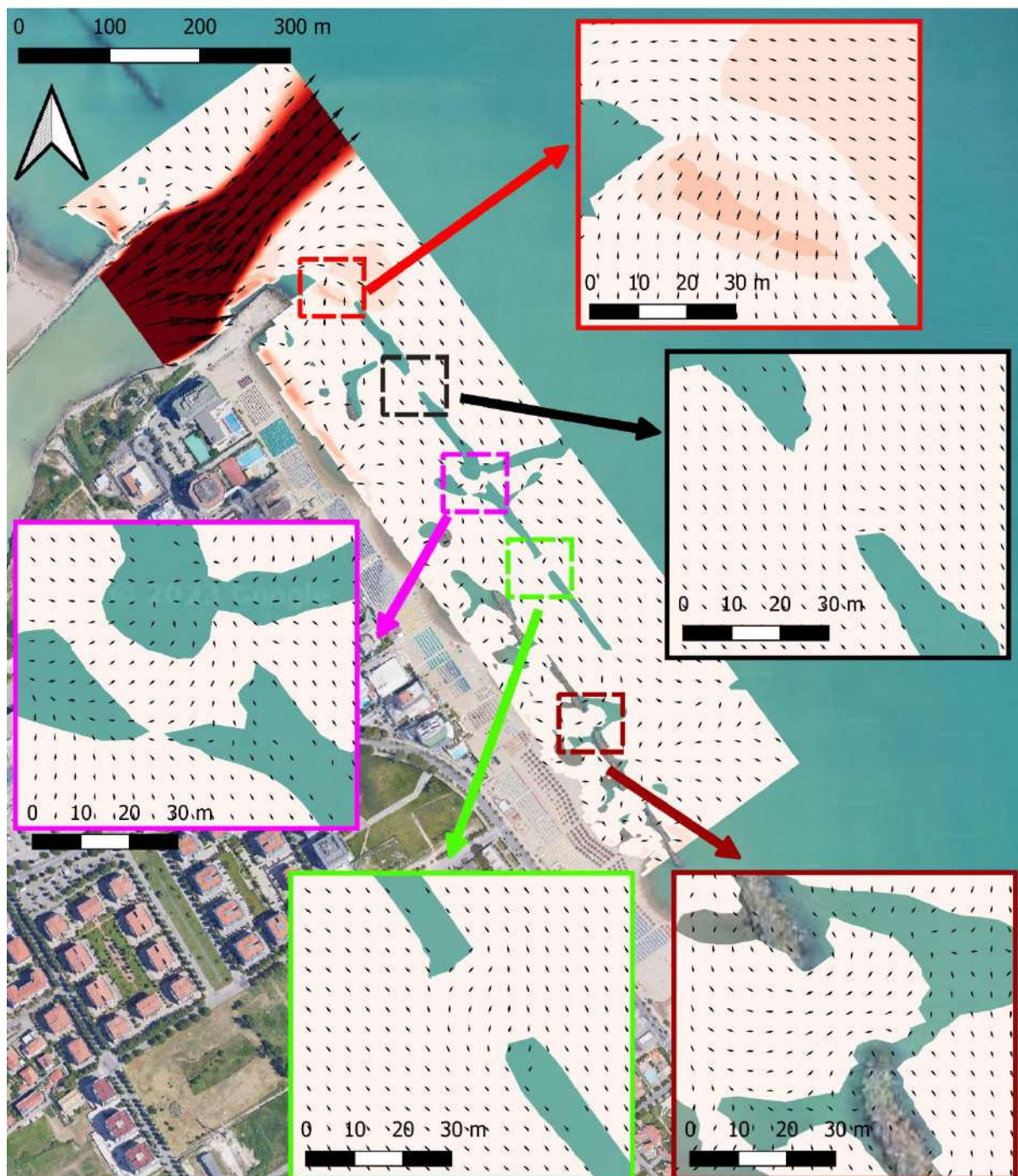
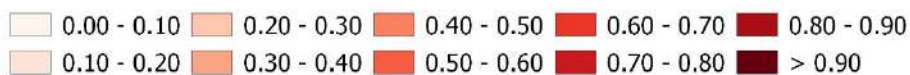


Figura 9-33: scenario di simulazione SC-5; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).

Configurazione di Progetto "B"

Scenario di simulazione: SC-6

Risultato numerico: Dettagli dell'intensità di velocità (m/s) e del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi

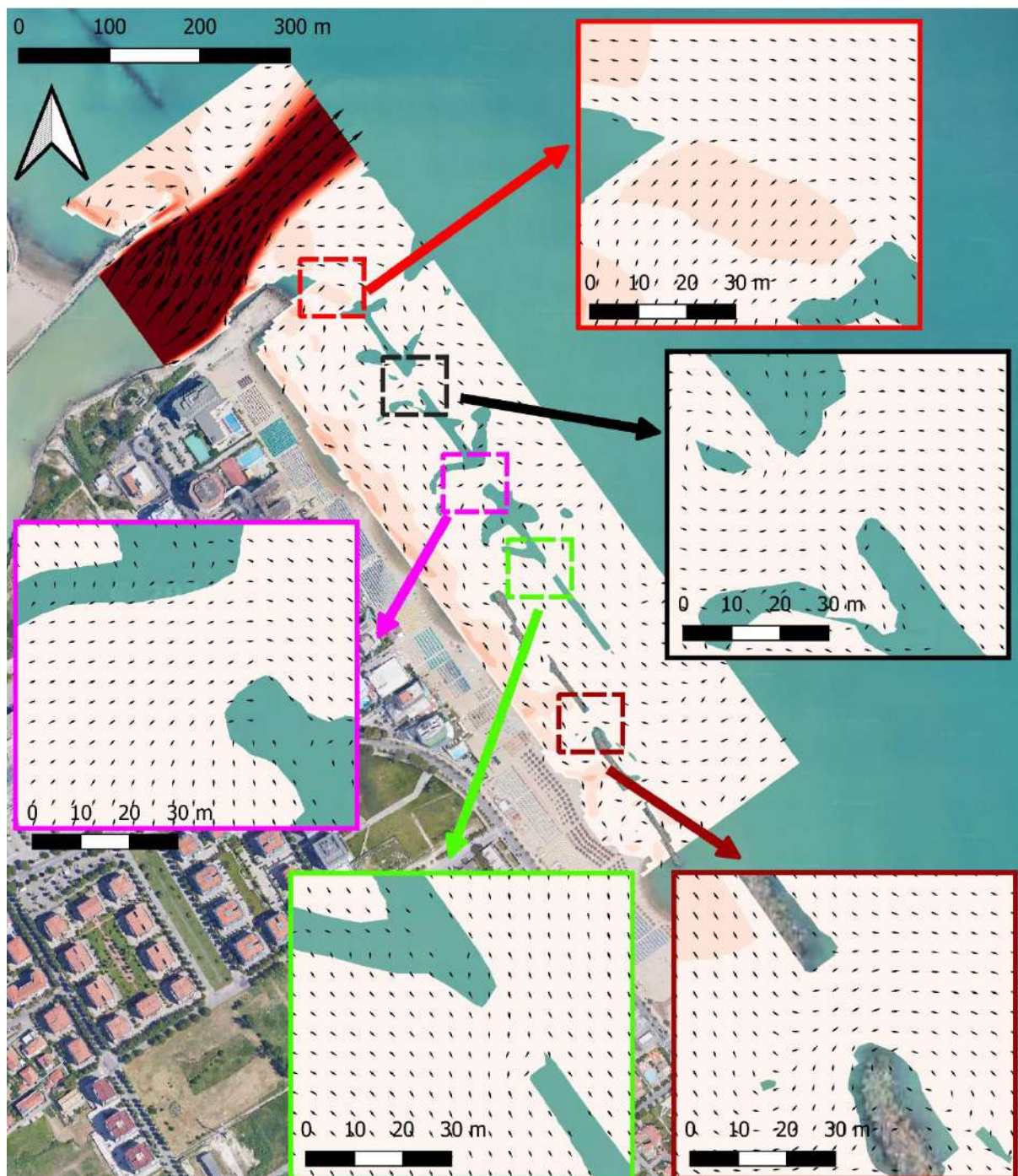
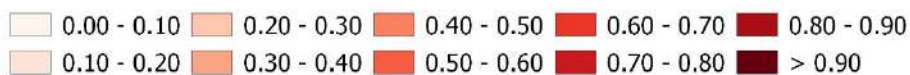


Figura 9-34: scenario di simulazione SC-6; dettagli del campo vettoriale in corrispondenza di alcuni varchi (la scala dei colori rappresenta l'intensità della corrente).