

**אתרים בחוף תל-אביב חברה לפיתוח אתרי תיירות
בת"א-יפו בע"מ
רח' הארבעה 21
תל-אביב**

תנאים כלליים לחוזה

נספח א'

לחוזה מס'

מיום

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

פרק א' - כללי

נד

4	הגדרות	-	סעיף 1
5	תפקידיו וסמכויותיו של המפקח - ניהול יומן	-	סעיף 2
5	הסבת החוזה	-	סעיף 3
6	היקף החוזה	-	סעיף 4
6	סתירות במסמכים והוראות מילואים	-	סעיף 5
6	אספקת תכניות	-	סעיף 6
7	המבנה לשביעות רצון המפקח והמנהל	-	סעיף 7
7	מסירת הודעות	-	סעיף 8

פרק ב' - הכנה לביצוע

7	בדיקה מוקדמת	-	סעיף 9
7	דרכי ביצוע ולוח זמנים	-	סעיף 10
8	סימון	-	סעיף 11

פרק ג' - השגחה, נזיקין וביטוח

8	השגחה מטעם הקבלן	-	סעיף 12
8	הגבלת כניסה והרחקת עובדים	-	סעיף 13
8	שמירה, גידור ושאר אמצעי זהירות	-	סעיף 14
9	בטיחות	-	סעיף 14א
9	אחריות לנזקים ושמירה	-	סעיף 15
9	אחריות ושיפוי בנזיקין	-	סעיף 16 (1-11)
10	ביטוח	-	סעיף 16 (12-22)
	פיקוח ע"י אתרים	-	סעיף 17
			12

פרק ד' - התחייבויות כלליות

	גישת המפקח לאתר המבנה	-	סעיף 18
			12
	פיצוי אתרים עקב אי קיום התחייבות ע"י הקבלן	-	סעיף 19
			12
	מתן הודעות קבלת רשיונות ותשלום אגרות	-	סעיף 20
			12
	מציאת עתיקות וכו'	-	סעיף 21
			13
	זכויות פטנטים וכיו"ב	-	סעיף 22
			13
	תשלום תמורת זכויות הנאה	-	סעיף 23
			13
	פגיעה בנוחיות הציבור ובזכויותיהם של אנשים	-	סעיף 24
			13
	תיקון נזקים לכביש, מובילים אחרים וכיו"ב	-	סעיף 25
			13
	מניעת הפרעות לתנועה	-	סעיף 26
			13
	אמצעי הגנה להעברת משאות מיוחדים	-	סעיף 27
			13
	מתן אפשרויות פעולה לקבלנים אחרים	-	סעיף 28
			14

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה	
ניקוי אתר המבנה במשך הביצוע ועם השלמת העבודה	סעיף 29 -
	14

פרק ה' - קבלני משנה וקבלנים מיוחדים

קבלני משנה	סעיף 30 -
	14
קבלנים מיוחדים	סעיף 31 -
	14
התקשרות בין הקבלן וקבלן מיוחד	סעיף 32 -
	15

פרק ו' - עובדים

אספקת כח אדם ותנאי עבודה	סעיף 33 -
	16
פנקסי כח-אדם ומצבות כח-אדם ורווחת עובדים	סעיף 34 -
	16

פרק ז' - ציוד חומרים ומלאכה

אספקת ציוד מתקנים וחומרים	סעיף 35 -
	17
חומרים וציוד באתר המבנה	סעיף 36 -
	18
טיב החומרים והמלאכה	סעיף 37 -
	19
העדפת חומרים ומוצרים מתוצרת הארץ	סעיף 37א' -
	20
בדיקת חלקי מבנה שנועדו להיות מכוסים	סעיף 38 -
	20
סילוק חומרים פסולים ומלאכה פסולה	סעיף 39 -
	20

פרק ח' - מהלך ביצוע המבנה

התחלת ביצוע המבנה	סעיף 40 -
	21
העמדת אתר המבנה לרשות הקבלן	סעיף 41 -
	21
מועד השלמת המבנה	סעיף 42 -
	21
אורכה או קיצור להשלמת המבנה	סעיף 43 -
	21
עבודה בשעות היום ובימי חול	סעיף 44 -
	22
החשת או האטת קצב ביצוע המבנה	סעיף 45 -
	22
פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים	סעיף 46 -
	22
הפסקת עבודה	סעיף 47 -
	23
שימוש או אי שימוש בזכויות על-ידי אתרים	סעיף 48 -
	24

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

פ ר ק ט' - השלמה, בדק תיקונים והגשת חשבון סופי

סעיף 49	-	תעודת השלמה למבנה
	24	
סעיף 49א	-	הגשת חשבון סופי
	25	
סעיף 50	-	בדק ותיקונים
	25	
סעיף 51	-	פגמים וחקירת סיבותיהם
	25	
סעיף 52	-	אי מילוי התחייבויות הקבלן לפי סעיפים 47 (2), 50 (ב) ו-51 (ג)
	26	

פ ר ק י' - שינויים, תוספות והפחתות

סעיף 53	-	שינויים
	26	
סעיף 54	-	הערכת שינויים
	27	
סעיף 55	-	תשלומי עבודה יומית
	28	
סעיף 56	-	רשימת תביעות
	28	

פ ר ק י"א - מדידות

סעיף 57	-	מדידת כמויות
	29	
סעיף 57א'	-	מדידת כמויות בחוזה פאושלי
	30	
סעיף 58	-	סכומים ארעיים ומחירים נקובים של חומרים
	30	
סעיף 59	-	מניעת רווח מופרז
	30	

פ ר ק י"ב - סיום החוזה או אי המשכת הביצוע

סעיף 60	-	תעודת סיום החוזה
	30	
סעיף 61	-	סילוק יד הקבלן מאתר המבנה
	31	
סעיף 62	-	קיזוז
	32	
סעיף 63	-	אי אפשרות המשכת ביצוע המבנה
	32	
סעיף 64	-	ביול החוזה
	33	
סעיף 65	-	מס ערך מוסף
	33	
מוסף א'	-	תעודת השלמה
	34	
מוסף ב'	-	נוסח ערבות ביצוע (כולל בדק)
	35	
מוסף ג'	-	נוסח צו התחלת העבודה
	36	

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

נוסח חוזה משולש עם קבלנים מיוחדים

מוסף ד' -

37

תעודת סיום

-

מוסף ה'

39

פרק א' - כללי

הגדרות 1. (1) בחוזה, כפי שהוא מוגדר להלן פרט אם כוונה אחרת משתמעת מגופו של עניין:

"אתרים", פירושה אתרים בחוף תל-אביב חברה לפיתוח אתרי תיירות בת"א-יפו בע"מ, ולרבות עובדיה ו/או נציגיה ו/או שליחיה ו/או מי שיבוא מכוחה ו/או מטעמה.

"הקבלן" - לרבות: נציגיו של הקבלן, יורשיו ומורשיו המוסמכים, לרבות כל קבלן-משנה הפועל בשמו ובשבילו בביצוע המבנה או כל חלק ממנו.

"המנהל" - פירושו: המנהל הכללי של אתרים לרבות כל אדם שהורשה על ידו בכתב באופן כללי, או לצורך החוזה, או לצורך עניין מסוים או עניינים מסוימים של החוזה.

"המפקח" - פירושו: האדם שמתמנה בכתב מזמן לזמן ע"י אתרים לפקח על ביצוע המבנה, או כל חלק ממנו.

"המבנה" - פירושו: המבנה או העבודה או העבודות שיש לבצע בהתאם לחוזה, לתכניות, למפרט הטכני וכתבי הכמויות וכל נספחי החוזה, לרבות כל מבנה ארעי או עבודה ארעית.

"ביצוע המבנה" - לרבות: השלמתו, בדיקתו, ביצוע תיקונים בשנת הבדק, וביצועו של כל מבנה ארעי, או עבודה ארעית בהתאם להוראות החוזה.

"מבנה ארעי" - פירושו: כל מבנה או כל עבודה שיידרשו באורח ארעי לביצועו, או בקשר לביצועו של המבנה.

"החוזה" או "הסכם" או "ההסכם" - פירושו: טופס החוזה וכל נספחיו הנזכרים בסעיף 2 של טופס החוזה.

"אתר המבנה" - פירושו: המקרקעין אשר בהם, דרכם מתחתם, או מעליהם יבוצע המבנה, לרבות כל מקרקעין אחרים שיעמדו לרשותו של הקבלן לצורך החוזה.

"סכומי הערבויות" - פירושו: כל סכום שנקבע בחוזה זה אם במפורש ואם ע"י קביעת אחוז מסוים, להבטחת קיום הוראות החוזה, כולן או מקצתן ע"י הקבלן.

"תמורת החוזה" - פירושו הסכום הנקוב בהצעתו של הקבלן בתמורה לביצוע החוזה לרבות כל תוספת שתיוסף לסכום הנקוב בהתאם להוראות החוזה והפחתה שתופחת מהסכום הנקוב בהתאם להוראות החוזה.

"תכניות" - פירושו: התכניות המהוות חלק בלתי נפרד מהחוזה, לרבות כל שינוי בתכנית כזו שאושר בכתב ע"י אתרים או ע"י המפקח לעניין חוזה זה, וכן כל תכנית אחרת שתאושר בכתב ע"י אתרים או ע"י המפקח לעניין חוזה זה, מזמן לזמן.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(2) פקודת הפרשנות תחול על החוזה, לצורך פרשנות רואים את החוזה כחיקוק במשמעותו בפקודה האמורה.

תפקידיו 2. (1) המפקח מוסמך לבדוק את המבנה ולהשגיח על ביצועו וכן לתאם בין קבלנים שונים המשתתפים בביצוע המבנה. המפקח יבדוק את טיב החומרים שמשתמשים בהם וטיב המלאכה שנעשית ע"י הקבלן בביצוע המבנה. כן רשאי הוא לבדוק אם הקבלן מבצע כהלכה את החוזה, את הוראות המנהל ואת הוראותיו הוא. המפקח יבדוק כמו כן כל חשבון שיוגש ע"י הקבלן ויאשר את התשלום המגיע לדעתו לקבלן, ויובהר כי בכל מקרה של מחלוקת כאמור ובכל נושא שהוא, קביעתו של המפקח הינה סופית, מכרעת ובלתי ניתנת לערעור.

(2) הקבלן ינהל יומן עבודה (להלן "היומן") וירשום בו מידי יום ביומו פרטים בדבר:

- (א) מספרם של העובדים לסוגיהם המועסקים על-ידי הקבלן בביצוע המבנה.
- (ב) כמויות החומרים למיניהם המובאים למקום המבנה או המוצאים ממנו.
- (ג) כמויות החומרים שהושקעו על-ידי הקבלן בביצוע המבנה.
- (ד) הציוד המכני המובא למקום המבנה והמוצא ממנו.
- (ה) השימוש בציוד מכני בביצוע המבנה.
- (ו) תנאי מזג האוויר השוררים במקום המבנה.
- (ז) תקלות והפרעות בביצוע המבנה.
- (ח) ההתקדמות בביצוע המבנה במשך היום.
- (ט) הוראות שניתנו לקבלן על-ידי המנהל או על-ידי המפקח.
- (י) הערות המנהל או המפקח בדבר מהלך ביצוע המבנה.
- (יא) כל דבר אחר שלדעת הקבלן יש בו כדי לשקף את המצב העובדתי במהלך ביצוע המבנה.

(3) היומן ייחתם כל יום על ידי הקבלן והעתק חתום ברור ממנו, יימסר למפקח או לבא כוחו המוסמך, אשר רשאי להסתייג מכל פרט מהפרטים הרשומים בו, תוך 7 (שבעה) ימים ממוסירת ההעתק כאמור, על-ידי מסירת הודעה בכתב לקבלן. דבר הסתייגותו של המפקח יירשם ביומן.

(4) למפקח תהא גישה חופשית אל יומן העבודה והוא או בא כוחו המוסמך, יהיו רשאים להוסיף ביומן הערות או הוראות לקבלן, כפי שימצאו לנכון. כל הרישומים שיוכנסו ליומן העבודה כנ"ל יראו כהודעות שנמסרו כדין לקבלן בהתאם לתנאי חוזה זה.

(5) הקבלן רשאי לרשום ביומן הערותיו בקשר לביצוע המבנה, אולם רישומים אלה לא יחייבו את אתרים

(6) נמחק.

(7) רישומים ביומן, פרט לאלה שהמפקח הסתייג מהם ובכפיפות לס"ק (5) לעיל, ישמשו כראיה בין הצדדים על העובדות הכלולות בהם, אולם לא ישמשו כשלעצמם עילה לדרישת כל תשלום או תביעה אחרת על פי החוזה ללא הסכמה מפורשת לכך מצידה של אתרים.

הסבת החוזה	3. (1)	<p>חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה</p> <p>אין הקבלן רשאי להסב לאחר את החוזה או כל חלק ממנו וכן אין הוא רשאי להעביר או למסור לאחר כל זכות לפי החוזה, אלא בהסכמת אתרים מראש ובכתב, שתהא רשאית להתנות הסכמתה, אם תינתן, בתנאים לפי שיקול דעתה.</p>
	(2)	<p>העסקת עובדים, בין ששכרם משתלם לפי זמן העבודה ובין ששכרם משתלם לפי שיעור העבודה, אין בה כשלעצמה, משום מסירת ביצועו של המבנה, או של חלק ממנו, לאחר.</p>
	(3)	<p>נתנה אתרים את הסכמתה בין במפורש ובין מכללא בהתאם לאמור לעיל בסעיף זה, אין ההסכמה האמורה פוטרת את הקבלן מאחריותו והתחייבויותיו לפי החוזה, והקבלן יישא באחריות מלאה לכל מעשה ו/או מחדל של מבצעי המבנה או חלק ממנו באי כוחם ועובדיהם.</p>
	(4)	<p>הקבלן מצהיר בזה כי הוא קבלן רשום לפי חוק רישום קבלנים לעבודות הנדסה בנאיות, תשכ"ט - 1969, לסוג ולהיקף המבנה על כל חלקיו, ומתחייב לא למסור לקבלני משנה ביצוע עבודה כלשהי בקשר למבנה או חלק ממנו אלא אם אותו קבלן משנה רשום בהתאם להוראות החוק האמור, לגבי אותו סוג והיקף של חלק המבנה או העבודה שעליו לבצע, ובכפוף לכך שאתרים אישרה מראש ובכתב את מסירת ביצוע העבודה כאמור לאותו קבלן משנה.</p>
היקף החוזה	4.	<p>הוראות החוזה חלות על ביצוע המבנה לרבות המצאת כח-אדם, החומרים, הכלים, הציוד, המכונות וכל דבר אחר, בין קבוע ובין ארעי, הנחוץ לשם כך.</p>
סתירות במסמכים והוראות	5. (1)	<p>בכל מקרה של סתירה בין הוראה מהוראות כלליות אלה לבין הוראה ברורה ומפורשת במסמך אחר, מהמסמכים המהווים את החוזה, המפקח ייקבע איזו הוראה תגבר מהם. מבלי לגרוע מהאמור לעיל, מובהר כי כל מסמך במסמכי ההסכם הינו משלים את שאר המסמכים וכולם יחדיו הם הקובעים, כולל לעניין תנאי התשלום, ובכל מקרה קביעתו של המפקח הינה סופית, מכרעת ולא ניתנת לערעור.</p>
	(2)	<p>גילה הקבלן סתירה בין הוראה אחת מהוראות החוזה או הקבלן מסופק בפירושו הנכון של מסמך או של כל חלק ממנו, או שמסר המפקח הודעה לקבלן שלדעתו אין הקבלן מפרש כהלכה את החוזה - יפנה הקבלן בכתב לאתרים וזו תיתן הוראות בכתב, לרבות השלמה, שינוי ותיקון תכניות לפי הצורך - בדבר הפרוש שיש לנהוג לפיו.</p>
		<p>במקרה כאמור מתחייב הקבלן לפעול על פי ההוראה ו/או הפירוש ו/או ההשלמה שנתנה אתרים.</p>
	(3)	<p>רשאית אתרים, וכן המפקח, להמציא לקבלן מזמן לזמן, תוך כדי ביצוע המבנה, הוראות, לרבות השלמה, שינוי ותיקון תכניות לפי הצורך - לביצוע המבנה.</p>
	(4)	<p>הוראות אתרים שניתנו בהתאם לסעיף קטן (2) או (3) והוראות המפקח שניתנו בהתאם לסעיף קטן (3) מחייבות את הקבלן, אולם אין האמור בסעיף קטן זה בכדי לגרוע מהאמור בפרק י' להלן.</p>
אספקת תכניות	6. (1)	<p>שני העתקים מכל אחת מהתכניות יימסרו לקבלן על-ידי אתרים ללא תשלום. כל העתק נוסף שיהיה דרוש לקבלן יוכן על חשבון הקבלן. עם השלמת המבנה יחזיר הקבלן לאתרים את כל התכניות שברשותו, בין שהומצאו לו ע"י אתרים ובין שהכין אותן בעצמו, או שהוכנו ע"י אדם אחר.</p>

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(2) העתקים מכל מסמך (לרבות תוכניות) המהווה חלק מהחוזה, יוחזקו על-ידי הקבלן באתר המבנה, ונציג אתרים, המפקח וכל אדם שהורשה על ידם בכתב לתכלית זו, יהיה רשאי לבדוק ולהשתמש בהם בכל שעה מתקבלת על הדעת.

7. המבנה לשביעות רצון המפקח והמנהל הקבלן יבצע את המבנה בהתאם לחוזה לשביעות רצונם המוחלטת של המפקח והמנהל וימלא לצורך זה אחרי כל הוראותיהם של המפקח והמנהל, בין שהן מפורטות בחוזה ובין שאינן מפורטות בחוזה.

8. מסירת הודעות כל הודעה שצד אחד צריך לתת לצד שני לפי חוזה זה, תינתן במכתב רשום לפי הכתובת של הצד השני, המפורטת בחוזה זה, או תימסר במשרדו של הצד השני. הודעה שנשלחה בדואר רשום דינה כדין הודעה שנמסרה כעבור 48 שעות מזמן מסירתה בדואר.

פרק ב' - הכנה לביצוע

9. (1) בדיקה מוקדמת רואים את הקבלן כמי שבדק, לפני הגשת הצעתו, את אתר המבנה וסביבותיו, את טיב הקרקע, את כמויותיהם וטיבם של העבודות והחומרים הדרושים לביצוע המבנה, את דרכי הגישה לאתר המבנה, ואת צרכי השיכון והדיור שיהיה זקוק להם, וכן כמי שהשיג את כל הידיעות לגבי הנתונים, המידע, הסיכויים והאפשרויות האחרים העלולים להשפיע על הצעתו.

(2) אתרים רשאית, אם רצונה בכך, להמציא לקבלן דו"חות וסקרים שנעשו בעבורה לצורך העבודה, אולם אלו יהיו לאינפורמציה בלבד ולא יהיו בשום אופן מצג שניתן להסתמך עליו ולא יפטרו את הקבלן מהחובה המוטלת עליו לבצע בעצמו את כל הבדיקות, כנדרש בס"ק (1), ואתרים תהיה משוחררת מכל חבות או אחריות למידע שהמציאה לקבלן כאמור לעיל, אם וככל שהמציאה.

(3) רואים את הקבלן כמי ששוכנע על יסוד בדיקותיו המוקדמות, שלא תוך התבססות על מצג ו/או מסמך כלשהו שקיבל מאתרים, כי התמורה להתחייבויותיו על פי חוזה זה, לרבות התעריפים והמחירים שבכתב הכמויות מניחה את דעתו, ומהווה תמורה הוגנת, מלאה שלמה וכוללת לכל התחייבויותיו לפי החוזה.

(4) כל בדיקה ו/או מדידה שהקבלן צריך ו/או נדרש לבצע למען ביצוע ו/או תיקון העבודות יבוצעו על ידי הקבלן ו/או אנשי מקצוע מטעמו, ועל חשבונו, והקבלן לא יהיה זכאי לתמורה עבור ביצועו.

10. (1) דרכי ביצוע לוח זמנים הקבלן ימציא לאישור אתרים, תוך 7 ימים מיום חתימת החוזה, ובכל מקרה לפחות שבוע לפני התחלת הביצוע למעשה בכתב בדבר דרכי הביצוע ולוח הזמנים המפורט, לרבות: הסדרים והשיטות אשר לפיהם יש בדעתו לבצע את המבנה. כן ימציא הקבלן לאתרים לפי דרישתה או דרישת המפקח מזמן לזמן, מילואים ופרטים בכתב בקשר לדרכי הביצוע ולוח הזמנים האמורים, לרבות רשימת מתקני העבודה ומבני העזר שיש בדעת הקבלן להשתמש בהם. המצאת החומר ע"י הקבלן לאתרים, בין שאישרה אותו אתרים במפורש ובין שלא אישרה אותו, אינה פוטרת את הקבלן מאחריות כלשהי המוטלת עליו.

(2) לוח הזמנים יוכן לפי תכנית "פרט" או "גנט" או תכנית אחרת מאושרת על ידי המפקח, ויעודכן ויועבר לאישור המפקח עם התקדמות הביצוע, לפחות אחת לחודש. הגשת לוח זמנים מעודכן היא תנאי לאישור חשבון חלקי.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(3) לא המציא הקבלן לוח זמנים מפורט כאמור בסעיף קטן (1) ו-(2), או לא עדכן אותו, ייקבע לוח הזמנים על ידי המפקח וחייב את הקבלן לכל דבר ועניין.

(4) אתרים רשאית לפי שיקול דעתה הבלעדי בהתאם לצורכי העבודה ובכלל זה עקב תנאי מזג האוויר ו/או התקציבים העומדים לרשותה, לשנות את לוח הזמנים ובכלל זה להורות על ביצוע מהיר או איטי יותר מזה שהוצע ע"י הקבלן, ו/או מזה שאושר, והכל בתנאי שהוראה כזו תמסר לקבלן בכתב ע"י המנכ"ל או ממלא מקומו.

סימון 11. (1) המפקח יקבע את קו הבניין ויסמן את נקודות הקבע שלו. הקבלן יהיה אחראי לסימון הנכון והמדויק של המבנה על כל חלקיו ולנכונותם של הגבהים, הממדים וההכוונה של כל חלקי המבנה בהתחשב עם נקודות הקבע וקו הבניין שנקבעו וסומנו ע"י המפקח. הוצאות הסימון אשר הקבלן אחראי עבורו, חלות על הקבלן.

(2) מאחר ועל הקבלן על פי החוזה לבצע את הסימון לפי נקודות קבע שנקבעו על ידי המפקח, חייב הקבלן לשמור על קיומן ושלמותן של נקודות אלה, לכל תקופת ביצוע המבנה. נחרבו נקודות הקבע שנקבעו על ידי המפקח כאמור, תהא הסיבה לכך אשר תהא, על הקבלן לחדשן על חשבונו.

פרק ג' - השגחה, נזיקין וביטוח

השגחה. 12. הקבלן או בא כוחו המוסמך יהיה מצוי באתר המבנה וישגיח עליו ברציפות לצורך ביצוע המבנה. מינוי בא-כוח מוסמך מטעם הקבלן הקבלן לצורך סעיף זה יהא טעון אישורה המוקדם של אתרים וזו תהיה רשאית לסרב לתת את אישורה או לבטלו בכל זמן שהוא לפי שיקול דעתה המוחלט. לצורך קבלת הוראות אתרים או המפקח, דין בא כוחו המוסמך של הקבלן כדין הקבלן.

הגבלת כניסה והרחקת עובדים 13. הקבלן ימלא כל דרישה מטעם אתרים או המפקח בדבר הגבלת כניסתו או הרחקתו מאתר המבנה, של כל אדם המועסק על ידו באתר המבנה, אם לדעת המפקח, התנהג אותו אדם שלא כשורה, או אינו מוכשר למלא למלא תפקידו, או שהוא נוהג מעשה רשלנות בביצוע תפקידו. אדם שהורחק לפי דרישה כאמור - לא יחזור הקבלן להעסיקו, בין במישרין ובין בעקיפין באתר המבנה. החלטתו של המפקח בעניין זה תהיה סופית ומוחלטת, מבלי שיהיה חייב לנמק או להסביר את החלטתו.

שמירה גידור ושאר אמצעי זהירות 14. הקבלן מתחייב לספק, על חשבונו הוא, שמירה, גידור ושאר אמצעי זהירות לביטחון ונוחיותו של הציבור, בכל מקום שיהיה צורך בכך, או שיידרש ע"י המפקח, או שיהיה דרוש על פי דין או על פי הוראה מצד רשות מוסמכת כלשהי. מבלי לגרוע מהתחייבויות הקבלן ובנוסף להן, מאשר הקבלן כי הובא לידיעתו, וכי הוא יודע ומודע כי העבודה מבוצעת באזור סואן עם פעילות של הולכי רגל וכלי רכב, כל היממה. הקבלן מתחייב לנקוט בכל האמצעים הנחוצים והמתחייבים מהעבודה באזור זה ובכלל זה לנקוט בכל האמצעים הנחוצים למניעת סיכונים לכל אדם ו/או רכוש הקיימים ו/או שיהיו קיימים בתוך אתר המבנה או בסמוך לאתר. למען הסר כל ספק, מובהר, כי הקבלן לא יהיה זכאי לתשלום עבור המפורט בסעיף זה (כולל תתי סעיפיו המפורטים להלן) וכי מוסכם כי התמורה עבור המפורט בסעיף זה מגולמת במחירים המפורטים בכתב הכמויות.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(1) מבלי לגרוע מכלליות האמור ובנוסף מתחייב הקבלן להתקין ולהחזיק על חשבונו, באתר המבנה, לפי דרישות והוראות המפקח, מבנים נעולים ומסורגים נגד פריצה.

(א) מבנה לשימוש משרדי הקבלן ומשרד נפרד למפקח, כולל ריהוט, חשמל, תאורה, מיזוג אוויר, כיור עם מים, טלפון, פקס ואמצעי כיבוי אש.

(ב) מחסן מתאים להחסנת חומרים, כלים ומכשירים אחרים לצורך ביצוע המבנה לפי החוזה, כולל ארונות, אצטבאות, חשמל תאורה ואמצעי כיבוי אש.

(2) המבנים האמורים יהיו רכושו של הקבלן והוא יפרקם ויסלקם מאתר המבנה עם תום העבודות לפי החוזה. הקבלן חייב לדאוג באופן מתמיד לניקיון, אחזקה, תיקונים וכיו"ב של המבנים, הסביבה, הציוד והריהוט, ברמה גבוהה, לפי הוראות המפקח ולשביעות רצונו המלאה.

14 א (1) הקבלן מתחייב להיות אחראי באופן בלעדי לנקיטת כל אמצעי הבטיחות הדרושים בעת ביצוע העבודה, בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה תשט"ו-1955 ו/או בהתאם לתקנות וצווים אחרים בנדון.

בטיחות

(2) הקבלן מתחייב להעסיק, על חשבונו, יועץ בטיחות בתנועה ובעבודה. הקבלן מתחייב לדאוג לכך כי יועץ הבטיחות ימסור לאתרים דוחות ביקורת שבועיים.

15. (1) מיום העמדת אתר המבנה לרשותו של הקבלן, יהיה הקבלן אחראי לשמירת אתר המבנה על תכולתו ולהשגחה עליהם.

אחריות
לנזקים ושמירה

16. (1) עם קבלת הזמנת עבודה ועד מתן תעודת השלמה, יהיה הקבלן אחראי לשמירת המבנה ו/או העבודות ואתר העבודות (להלן: "העבודות"), לרבות לעבודות שבוצעו קודם לחתימת החוזה ו/או התחלת ביצוע העבודות על ידי הקבלן, ולהשגחה עליהם. בכל מקרה של נזק לעבודות ו/או לאתר העבודות ו/או למבנה/ רכוש/ דרך, מסיבה כלשהי יהיה על הקבלן לתקן את הנזק על חשבונו בהקדם האפשרי ולהביא לידי כך שעם השלמתן תהיינה העבודות במצב תקין וראוי לשימוש ולשביעות רצון אתרים והמתאימות בכל פרטיהן להוראות החוזה והזמנת העבודה.

(2) הוראות סעיף-קטן (16.1) לעיל, תחולנה גם על כל נזק שיגרם על ידי הקבלן ו/או קבלני המשנה ו/או עובדיהם ו/או צד שלישי כלשהו תוך כדי ביצוע עבודות תיקון ובדק על ידם.

(3) בכל מקרה שהקבלן יהיה אחראי לנזקים על פי פרק זה, רשאית וזכאית אתרים לקבל מאת הקבלן, לפי דרישה ראשונה בכתב, פיצויים מלאים עבור נזקים שלא תוקנו במועד שקבעה אתרים ועבור נזקים שאתרים החליטה לפי שיקול דעתה המוחלט שלא יתוקנו ו/או שאינם ניתנים לתיקון, והכל בסכום או בסכומים שיקבעו על ידי אתרים וקביעותיה תהיינה סופיות ובלתי ניתנות לערעור.

(4) הקבלן יהיה אחראי כלפי אתרים לכל נזק ו/או תקלה ו/או אבדן ו/או קלקול לרבות נזקים הנובעים ו/או הקשורים בין במישרין ובין בעקיפין תוך כדי ביצוע העבודות או בקשר עמן לרבות נזקים הנובעים מליקוי ו/או פגם בציוד ו/או חוסר התאמתו לדרישות אתרים ו/או חוסר התאמתו לתקנים הנדרשים מן הציוד, אשר יגרמו לגוף ו/או לרכוש של אתרים, ו/או עובדיה ו/או שלוחיה ו/או אנשים הנמצאים

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

במקום בצוע העבודות ו/או צד ג' כלשהו עקב מעשה או מחדל של הקבלן ו/או עובדיו ו/או כל מי שפועל מטעמו, והוא ינקוט בכל האמצעים למניעתם. הקבלן מתחייב לפצותם ו/או את יורשיהם ו/או את התלויים בהם בגין כל נזק כאמור לעיל שיגרם להם.

(5) הקבלן יהיה אחראי לכל אבדן ו/או נזק מכל סוג, לגוף ו/או לרכוש שיגרמו לעובדיו, לקבלני משנה של הקבלן ועובדיהם, לשלוחי הקבלן ולכל מי שפועל בשמו ו/או מטעמו תוך כדי ו/או עקב ו/או בקשר עם העבודה, והוא מתחייב לפצותם ו/או את התלויים בהם ו/או יורשיהם.

(6) הקבלן יהיה אחראי לכל אבדן, נזק או קלקול למכונות ו/או לציוד ו/או למתקנים מכל סוג ותאור הנמצאים בשימוש בקשר עם ביצוע העבודה, והוא פוטר את אתרים ו/או עובדיה ו/או כל אדם הנמצא בשרותה מכל אחריות לכל אבדן ו/או נזק לרכוש כאמור.

(7) הקבלן יהיה אחראי לכל נזק ו/או קלקול שיגרם לכביש, דרך, מדרכה, שביל, רשת מים, ביוב, תיעול, חשמל, טלפון וצינורות להעברת דלק או מובילים אחרים על קרקעיים ו/או תת-קרקעיים וכיו"ב, תוך כדי ביצוע העבודות, בין שהנזק ו/או הקלקול נגרמו באקראי ובין שהיו מעשה הכרחי וצפוי מראש לביצוע העבודות. הקבלן יתקן את הנזקים ו/או הקלקולים כאמור על חשבונו, באופן יעיל ביותר ולשביעות רצונה של אתרים. על הקבלן לדאוג מראש לקבל מהרשויות המוסמכות תכניות עדכניות על כל הקווים התת-קרקעיים העוברים במתחם העבודות.

(8) מוסכם בזה בין הצדדים כי האחריות עבור ביצוע העבודות המוטלות על הקבלן בהסכם, בגין כל היפר חובה מקצועית שמקורה במעשה ו/או מחדל טעות או השמטה במסגרת תפקידו ומקצועו של הקבלן, עובדיו ו/או מי מטעמו- תחול על הקבלן.

(9) הקבלן פוטר את אתרים ו/או עיריית תל-אביב יפו ו/או רשות מנהל מקרקעי ישראל ו/או עובדיה ו/או שלוחיה ו/או כל מי מטעמה מאחריות לכל נזק ו/או תאונה ו/או חבלה לגוף ו/או לרכוש שהם באחריותו של הקבלן על-פי הסכם זה ו/או על פי דין, למעט כלפי מי שגרם לנזק בכוונת זדון.

(10) הקבלן מתחייב לשפות ו/או לפצות את אתרים ו/או עיריית תל-אביב יפו ו/או רשות מנהל מקרקעי ישראל ו/או כל הפועל מטעמן בגין כל אחריות שתוטל עליהן ו/או כל סכום שתחויבנה לשלם בגין מקרה שהאחריות לגביו מוטלת על הקבלן מכוח האמור לעיל לרבות הוצאות משפט ושכ"ט עו"ד. אתרים תודיע לקבלן על כל תביעה כאמור ותאפשר לו להתגונן.

(11) אתרים רשאית לקזז מן התשלומים אשר הקבלן זכאי להם מכוח הסכם זה סכומים אשר נתבעים מאתרים על ידי צד שלישי כלשהו בגין מעשה או מחדל שהם באחריותו של הקבלן כאמור לעיל, ו/או בגין נזקים שנגרמו לאתרים מחמת מעשה או מחדל שהם באחריותו של הקבלן כאמור לעיל.

(12) מבלי לגרוע מהתחייבויות הקבלן על פי חוזה זה ומאחריותו לנזקים להם הוא אחראי על פי כל דין מתחייב הקבלן, לבטח עם זכייטו במכרז וכתנאי לתחילת העבודה, על חשבונו הוא, את העבודות בביטוחים שלא יפחתו מגבולות האחריות והתנאים המפורטים בטופס האישור על קיום ביטוחים שיצורף להסכם (להלן: "טופס האישור על קיום ביטוחים").

ביטוח:

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(13) הקבלן יציג, עם זכייתו במכרז, את טופס האישור על קיום הביטוחים, החתום ע"י חברת ביטוח מורשית בישראל. הקבלן מתחייב להמציא לאתרים את טופס האישור על קיום ביטוחים חתום כדין על ידי חברת ביטוח בעלת רישוי מטעם המפקח על הביטוח לעסוק בביטוח בישראל, מידי שנה במשך כל תקופת העבודות ו/או עד המסירה הסופית של העבודות ו/או יציאתו של הקבלן מאתר העבודות (המאוחר מבין המועדים), וזאת מבלי צורך בקבלת דרישה כלשהי מצד אתרים. המצאת טופס האישור על קיום ביטוחים חתום ותקין מטעם מבטחי הקבלן ו/או הקבלן מטעמו, מהווה תנאי מהותי בהסכם.

(14) ביטוח כלי רכב - הקבלן יערוך או יוודא שנערך, ביטוח לכל כלי רכב המשמש במישרין או בעקיפין לביצוע העבודות לכל אורך תקופת ההתקשרות מפני כל חבות שחובה לבטחה על פי דין לרבות ביטוח אחריות מפני נזקי גוף בגבולות אחריות בלתי מוגבלים (ביטוח חובה) וכן מפני חבות בגין נזק לרכוש הכולל כיסוי לנזקי גוף אשר אינם מכוסים בביטוח חובה בסכום גבול אחריות שלא יפחת מ- 600,000 ₪. למען ספק מוסכם כי המונח "כלי רכב" כולל מנופים, מלגזות, טרקטורים, מחפרים, גוררים וכן כלים נעים ממונעים מכל סוג.

(15) "כלי רכב" וציוד מכני הנדסי כאמור, אשר אין חובה חוקית לבטחו בביטוח חובה יערוך עבורו גם ביטוח אחריות מפני נזקי גוף מיוחד בגבולות אחריות שלא יפחתו מ- 2,000,000 ₪ למקרה.

(16) ביטוח "חבות מוצר" – ככל והקבלן נדרש להציג ביטוח חבות מוצר (בהתאם לעבודות אותן הוא מבצע והיקפן), הקבלן יערוך ויקיים ביטוח חבות מוצר החל ממועד מסירת העבודות (או חלקן) לאתרים, וזאת בכל תקופה בה הוא עשוי להימצא אחראי על פי הוראות ההסכם ו/או על פי כל דין. הקבלן מתחייב להמציא לידי אתרים, לא יאוחר מ- 14 יום לפני מועד מסירת העבודות (או חלקן) לאתרים אישור המעיד על ביצוע ביטוח "חבות המוצר" בביטוח שלא יפחת מגבולות האחריות והתנאים המפורטים בטופס האישור על קיום ביטוחים. הקבלן מתחייב להמציא לאתרים את טופס האישור על קיום ביטוחים חתום כדין על ידי חברת ביטוח בעלת רישוי מטעם המפקח על הביטוח לעסוק בביטוח בישראל למשך שנה לפחות לאחר מסירת העבודות, וזאת מבלי צורך בקבלת דרישה כלשהי מצד אתרים. המצאת טופס האישור על קיום ביטוחים בקשר לביטוח חבות המוצר חתום ותקין מטעם מבטחי הקבלן, מהווה תנאי מהותי בהסכם.

(17) ביטוח "אחריות מקצועית" – ככל והקבלן נדרש להציג ביטוח אחריות מקצועית (בהתאם לעבודות אותן הוא מבצע והיקפן) הקבלן יערוך ויקיים ביטוח בכל תקופה בה הוא עשוי להימצא אחראי על פי הוראות ההסכם ו/או על פי כל דין. עם חתימת ההסכם הקבלן ימציא את טופס האישור על קיום ביטוחים לאתרים המעיד על ביצוע ביטוח "אחריות מקצועית" בביטוח שלא יפחת מגבולות האחריות והתנאים המפורטים בטופס האישור על קיום ביטוחים. הקבלן מתחייב להמציא לאתרים את טופס האישור על קיום ביטוחים חתום כדין על ידי חברת ביטוח בעלת רישוי מטעם המפקח על הביטוח לעסוק בביטוח בישראל למשך שנה לפחות לאחר סיום העבודות, וזאת מבלי צורך בקבלת דרישה כלשהי מצד אתרים. המצאת טופס האישור על קיום ביטוחים בקשר לביטוח אחריות מקצועית חתום ותקין מטעם מבטחי הקבלן, מהווה תנאי מהותי בהסכם.

(18) הקבלן ישא, בכל מקרה, בסכום ההשתתפות העצמית החלה בביטוחים וכן יישא בכל נזק שיגרם למבנה ו/או לעבודה ו/או שיגרם במסגרת העבודה עקב מעשה ו/או מחדל של הקבלן, קבלני המשנה,

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

עובדיהם וכל מי שבא מטעמם שאינו מכוסה על ידי פוליסות הביטוח של הקבלן ו/או קבלני משנה מטעמו. הקבלן יהיה אחראי בגין נזקים בלתי מבוטחים לרבות נזקים שהם מתחת לסכום ההשתתפות העצמית הקבועה בפוליסות.

(19) הפר הקבלן את הוראות הפוליסות באופן המפקיע את זכויותיו ו/או זכויות אתרים יהא הקבלן אחראי לנזקים שיגרמו לאתרים באופן מלא ובלעדי ולא תהיינה לו תביעות ו/או טענות, כספיות או אחרות, כלפי אתרים והוא יהא מנוע מלהעלות כל טענה, כאמור, כלפי אתרים.

(20) הקבלן מתחייב לשמור ולקיים את כל הוראות פוליסות הביטוח כלשונן, ומבלי לפגוע בכלליות האמור לשמור על כל הוראות הבטיחות והזהירות הנכללות בפוליסות הביטוח.

(21) מובהר, כי הקבלן אחראי לנזקים בלתי מבוטחים שהם באחריותו על-פי הסכם זה, ובכלל זאת נזקים שהם מתחת לסכום ההשתתפות העצמית הקבועה בפוליסות.

(22) הקבלן יהיה אחראי לדווח לביטוח הלאומי על עובדים המועסקים בעבודות לרבות עובדי קבלני משנה.

17. א. אין לראות בזכות הפיקוח שניתנה לאתרים על ביצוע המבנה אלא אמצעי להבטיח כי הקבלן יקיים את החוזה בכל שלביו במלואו ואין היא יוצרת יחס אחר מאשר צד שלישי אחר.

פיקוח
על-ידי
אתרים.

כדי למנוע על ספק מובהר בזאת כי אין לראות בזכות הפיקוח של אתרים כמטילה כל אחריות על אתרים ו/או על המפקח בפועל מטעמה ו/או על כל מי מטעמה בקשר לכל אי התאמה ו/או ליקוי ו/או פגם בעבודה, וכי כל האחריות מוטלת על הקבלן בלבד.

ב. הפיקוח הנ"ל לא ישחרר את הקבלן מהתחייבויותיו כלפי אתרים למילוי תנאי חוזה זה.

פרק ד' - התחייבויות כלליות

18. הקבלן יאפשר ויעזור למפקח או לכל בא כוח מורשה על ידו, להיכנס בכל עת לאתר המבנה ולכל מקום אחר שבו נעשית עבודה כלשהי לביצוע החוזה, וכן לכל מקום שבו מיוצרים, שממנו מובאים, מוצרים חומרים, מכונות וחפצים כלשהם לביצוע החוזה.

גישת
המפקח
לאתר
המבנה

19. הקבלן אחראי כלפי כל צד שלישי, כולל עובדיו והפועלים מטעמו, במידה שאחריות כזאת מוטלת על אדם לפי פקודת הנזיקין [נוסח חדש] או לפי כל חוק אחר, לנזקים שייגרמו תוך ביצוע המבנה ובקשר לכך. היה ואתרים תידרש לשלם לצד שלישי פיצויים מתחייב הקבלן להחזיר לאתרים את הסכום שישולם על ידה ואותו סכום יראוהו כחוב המגיע לאתרים מהקבלן לפי חוזה זה.

פיצוי
אתרים

20. בכל הכרוך בביצוע המבנה, ימלא הקבלן אחרי הוראות כל דין, בדבר מתן הודעות, קבלת רישיונות ותשלום מיסים ואגרות. אולם מיסים ואגרות ששולמו ע"י הקבלן כאמור וששלומם חל כדין על אתרים - יוחזרו לקבלן ע"י אתרים.

מתן
הודעות
קבלת
רישיונות
ותשלום אגרות

21. (1). עתיקות כמשמעותן בפקודת העתיקות או בכל חוק בדבר עתיקות

מציאת

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

- עתיקות
וכו'
- שיהיה בתוקף מזמן לזמן, וכן חפצים אחרים כלשהם בעלי ערך גיאולוגי או ארכיאולוגי אשר יתגלו במקום המבנה - נכסי המדינה הם, והקבלן ינקוט על חשבונו בכל אמצעי הזהירות המתאימים למניעת הפגיעה בהם או הזתם שלא לצורך ע"י כל אדם שהוא.
- (2). מיד לאחר גילוי החפץ ולפני הזתו ממקומו יודיע הקבלן למפקח על התגלית. כן מתחייב הקבלן לקיים את הוראות כל דין בדבר עתיקות.
- (3). הוצאות שנגרמו לקבלן עקב נקיטת אמצעי הזהירות האמורים בסעיף קטן (1) יחולו על הקבלן.
22. הקבלן ימנע כל נזק לאתרים ויפצה אותה בגין כל תביעה, דרישה, הליך, נזק, הוצאה, היטל וכיו"ב שיתעוררו כתוצאה מפגיעה בזכויות פטנטים, מדגמים, סמלי מסחר או זכויות דומות בדבר השימוש, תוך כדי ביצוע המבנה, במתקני וחלקי המבנה, או בקשר אליהם, במכונות וציוד או בחומרים ומוצרים שיסופקו ע"י הקבלן.
- זכויות
פטנטים
וכיו"ב
23. אם יהא צורך בעת ביצוע המבנה או בקשר אליו, בקבלת זכות הנאה או שימוש כלשהו כגון: לצרכי חציבה או נטילת עפר או חול, או זכות מעבר או שימוש, או כל זכות דומה - יהא הקבלן אחראי לקבלת הזכות האמורה מבעליה הנאה ותשלום תמורתה כפי שיוסכם בין הבעלים לבין הקבלן.
- תשלום
תמורת
זכויות
הנאה
24. הקבלן מתחייב שתוך כדי ביצוע המבנה לא תהיה פגיעה שלא לצורך בנוחיות הציבור ולא תהא כל הפרעה שלא לצורך בזכות השימוש והמעבר של כל אדם בכביש, דרך, שביל מערכות תשתית וכיו"ב בסביבת אתר המבנה, או בזכות השימוש והחזקה ברכוש ציבורי או פרטי כלשהו בין השאר, לצורך כך, יבצע הקבלן על חשבונו דרכים זמניות ויתקין שלטי אזהרה והכוונה מוארים, תאורה וכיו"ב וינקוט בכל האמצעים על מנת שלא לפגוע בנוחיות הציבור או הפרט.
- פגיעה
בנוחיות
הציבור
בזכויותיהם
של
אנשים
25. הקבלן אחראי שכל נזק או קלקול שייגרם לכביש, לדרך, למדרכה, לשביל, לרשת מים, לביוב, לתיעול, לחשמל, לטלגרף, לטלפון, לקליטת טלוויזיה, לתקשורת בכבלים לצינורות להעברת דלק או גז או למובילים אחרים וכיו"ב, תוך כדי ביצוע המבנה, או בקשר אליו, בין שהנזק או הקלקול נגרמו באקראי ובין שהיו מעשה הכרחי וצפוי מראש לביצוע המבנה, יתוקן על חשבונו הוא באופן היעיל והמידי ביותר ולשביעות רצון המפקח ושל כל אדם או רשות המוסמכים לפקח על הטיפול בכביש, בדרך, במדרכה, בשביל, ברשת מים, בביוב, בתיעול. בחשמל, בטלגרף, בטלפון, בקליטת טלוויזיה, בתקשורת, בכבלים בצינורות להעברת דלק או גז או במובילים אחרים וכיו"ב כאמור.
- תיקון
נזקים לכביש,
מובילים
אחרים
וכיו"ב
26. הקבלן אחראי שתוך כדי ביצוע המבנה, לרבות כל מבנה ארעי, לא תהיינה הדרכים המובילות לאתר המבנה נתונות שלא לצורך לתנועה שתקשה על התנועה הרגילה בדרכים האמורות ושלצורך הובלתם של משאות מיוחדים יתקבל תחילה הרישיון הדרוש לכך מהרשות המוסמכת וינקטו כל האמצעים, לרבות בחירתם של דרכים, של כלי רכב ושל זמני הובלה, כך שתמעט ככל האפשר ההפרעה לתנועה הרגילה בדרכים האמורות ויימנע ככל האפשר נזק לדרכים.
- מניעת
הפרעות
לתנועה
27. (1) אם לביצוע החוזה יהא צורך להעביר חפץ כלשהו במקום שההעברה עלולה לגרום נזק לכביש, למדרכה, לגשר, לרשת חשמל או תאורה, לרשת טלפון, לצינור, לכבל עילי או תת קרקעי וכיו"ב, באם לא ישתמשו באמצעי הגנה מיוחדים - יודיע הקבלן
- אמצעי
הגנה
להעברת
משאות

מיוחדים	<p>חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה</p> <p>בכתב למפקח, לפני ההעברה על פרטי החפץ שיש להעבירו, ועל תכניתו להבטחת אמצעי הגנה מתאימים.</p>
	<p>(2) הקבלן חייב לבצע על חשבונו את אמצעי ההגנה, בהתאם לתכניתו הנ"ל, אך ורק לאחר שקיבל את אישורו של המפקח, ולאחר שיהיה בידו רשיון מתאים מהרשויות המוסמכות.</p>
מתן אפשרויות פעולה לקבלנים אחרים	<p>28. הקבלן ייתן אפשרויות פעולה נאותה, לפי הוראות המפקח, לכל קבלן אחר המועסק ע"י אתרים ומי מטעמה ולכל אדם או גוף שיאושר לצורך זה ע"י המפקח וכן ישתף ויתאם פעולה איתם ויאפשר להם את השימוש במידת המצוי והאפשר, בשירותים, בעבודות ובמתקנים שהותקנו על ידו, וזאת ללא כל טענה ו/או תביעה ו/או אורכה בגין כך.</p>
ניקוי אתר המבנה במשך הביצוע ועם השלמת העבודה	<p>29. הקבלן יסלק מזמן לזמן תוך, כדי הביצוע מאתר המבנה את עודפי אתר החומרים הפסולת והאשפה. מיד עם גמר העבודה ינקה הקבלן את אתר המבנה, ויסלק ממנו את כל מתקני המבנה, החומרים המיותרים, הפסולת, האשפה, הציוד והמבנים הארעיים מכל סוג שהוא וימסור את אתר המבנה וסביבתו, כולל המבנה, כשהוא נקי ומתאים למטרתו לשביעות רצונו של המפקח. אין המפקח חייב להורות על פעולות ניקוי, אולם בכל מקרה שיוורה על כך יבצע הקבלן את הניקוי מייד לשביעות רצון המפקח. לא יבצע הקבלן את הניקוי מייד, רשאי המפקח לבצע אותו ע"י גורם אחר ע"ח הקבלן.</p> <p>יובהר התמורה בגין פעולות הניקיון כלולה בתמורת החוזה, ובהתאם הקבלן לא יהא זכאי לתוספת תשלום כלשהו בגינן.</p>
<u>פרק ה' - קבלני משנה וקבלנים מיוחדים</u>	
קבלני משנה	<p>30. (1) אין הקבלן רשאי לבצע עבודה כל שהיא ע"י קבלן משנה (ואלה נקראים בשם הכולל - "קבלני משנה") מבלי הסכמת אתרים בכתב ומראש הן באשר לביצוע באמצעות קבלני משנה והן באשר לזהותם, אף אם יקבל הסכמה זאת, אין בכך כדי לפטור אותו מאחריותו ומהתחייבויותיו לפי החוזה וישא באחריות מלאה לכל מעשיו ומחדליו של כל קבלן משנה כזה ויהיה אחראי כלפי אתרים באופן מלא בכל הנוגע לעבודה המבוצעת ע"י קבלן המשנה, כאילו ביצע אותה הקבלן בעצמו.</p>
קבלנים מיוחדים	<p>(2) מבלי לגרוע מאחריות הקבלן לפי פסקה (1) לעיל של סעיף זה על הקבלן להבטיח כי על כל קבלן משנה תחולנה כל התחייבויות הקבלן לפי חוזה זה וכי ימלא אחריהן, מבלי לגרוע מכלליות האמור לעיל על הקבלן להבטיח שקבלן המשנה יציית להוראות המפקח כמפורט בחוזה זה. על הקבלן לכלול בכל חוזה שיעשה בינו לבין קבלן משנה של הקבלן, בקשר עם ביצוע חוזה זה, הוראות המבטאות את האמור לעיל בפסקה זו והמבטיחות את ביצועו.</p> <p>31. (1) מוסכם בזה כי אתרים זכאית למסור כל עבודות שאינן כלולות בחוזה זה לביצועם הישיר של קבלנים אחרים שייקבעו ע"י אתרים לפי החלטתה הבלעדית (להלן "קבלנים מיוחדים"). האמור יחול גם על עבודות שהיו כלולות בחוזה זה ואשר הוצאו ממנו בהתאם להוראותיו.</p>
(2) הקבלן מתחייב על חשבונו:	
<p>(א) להקציב מקום מתאים לאחסון הכלים, החומרים, הציוד, והעבודות של הקבלנים המיוחדים ולדאוג לשמירתם.</p>	

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(ב) להציב פיגומים, סעדים ומתקנים אחרים הדרושים לביצוע עבודותיהם של הקבלנים המיוחדים ולדאוג לחיבור ואספקת מים, חשמל, ניקוז, נקיון, פינוי פסולת ויתר השרותים הדרושים לעבודות הנ"ל.

(ג) לשלב את עבודת הקבלנים המיוחדים בלוח הזמנים ולתאם את עבודותיהם עם עבודות אחרות באתר המבנה בהתאם ללוח הזמנים באופן שיבטיח את השלמת העבודות של הקבלנים המיוחדים לא יאוחר מאשר במועד המיועד להשלמת המבנה ובלבד שבכל מקרה שקבלן מיוחד יפסיק את עבודתו לפני השלמתה תדאג אתרים למסירת השלמת העבודה לקבלן מיוחד אחר, בהקדם האפשרי.

(ד) לבצע את כל התיקונים שיתחייבו מעבודות הקבלנים המיוחדים, לרבות אלה שיתחייבו מתיקונים שייעשו ע"י הקבלנים המיוחדים בתקופת הבדק, בתוקף האחריות שאלה יתנו בגין העבודות שתבוצענה על ידם. למטרת ביצוע התיקונים יספק הקבלן על חשבונו את כל הנדרש לביצועם.

(3) אתרים תודיע לקבלן בכתב, מראש, שמו של כל קבלן מיוחד ופרטי העבודה שנמסרה לו לרבות מועד סיומה המיועד, לפני מועד ההתקשרות הסופית עם הקבלן המיוחד והקבלן יהיה אחראי כלפי אתרים לתאום ולהשלמת ביצוע עבודות הקבלנים המיוחדים במועדים כאמור.

(4) (א) עבור כל התחייבויות הקבלן כמפורט לעיל בסעיף זה תשלם אתרים לקבלן עמלה בסכום השווה ל-6% (שישה אחוזים) מסכום החשבון הסופי המאושר ללא מע"מ (בכפיפה להוראות פסקת משנה (ב) להלן) של כל אחד מהקבלנים המיוחדים ו/או קבלני המשנה.

אתרים תשלם לקבלן סכומים על חשבון עמלת הקבלן כנ"ל במסגרת החשבון החלקי שלו, שיוגש בצרוף כל חשבון חלקי סכומי מאושר, של כל אחד מהקבלנים המיוחדים כפי שאושרו ע"י המפקח ואתרים.

(ב) למטרות חישובי עמלת הקבלן כנ"ל, יופחת מסכום החשבון מחיר כל המוגדר בתנאים המיוחדים לחוזה. בכל מקרה של מחלוקת בין הצדדים לגבי הכלול באמור לעיל, יכריע המפקח והחלטתו תהא סופית ומחייבת.

התקשרות בין הקבלן וקבלן משנה מיוחד 32. הזכות לאתרים לדרוש מהקבלן כי ההתקשרות עם הקבלן המיוחד תהיה ישירות בין הקבלן לבין הקבלן המיוחד. על הקבלן למלא אחר דרישה כאמור של אתרים ובמקרה זה תחולנה ההוראות כדלקמן;

(1) הקבלן יחתום על הסכם עם הקבלן המיוחד בנוסח שיקבע ע"י אתרים (להלן - "הסכם הקבלן המיוחד"). - מוסף ד' לתנאים כלליים אלה.

(2) יראו את העבודה נשוא הסכם הקבלן המיוחד כאילו נכללה בעבודות נשוא חוזה זה.

(3) יראו את הקבלן המיוחד לכל עניין כקבלן משנה של הקבלן והאחריות המלאה בכל הנוגע לעבודה המתבצעת על ידו תחול על הקבלן.

אספקת
כח אדם
ותנאי עבודה

33. (1) הקבלן מתחייב לספק על חשבונו הוא את כל כח האדם הדרוש לביצוע המבנה את הניהול, ההדרכה וההשגחה עליהם ואמצעי התחבורה בשבילם וכל דבר אחר הכרוך בכך.

(2) הקבלן מתחייב להעסיק עובדים, מקצועיים ואחרים, במספר הדרוש לשם ביצוע המבנה תוך המועד הקבוע לכך בחוזה, ובעבודה שלביצועה יש צורך ברישום, רישיון או היתר, לפי כל דין, חייב הקבלן להעסיק רק מי שרשום או בעל רישיון או היתר כאמור, לפי העניין. כן מתחייב הקבלן להיות בעצמו, או לדאוג לכך שבא כוחו המוסמך, יהיה באתר ביצוע המבנה בשעות העבודה הרגילות, על מנת שהמפקח או בא-כוחו יוכל לבוא איתו בדברים ולתת לו הוראות שהוא רשאי לתת לפי חוזה זה לקבלן. הוראה, הודעה או דרישה שנמסרה לבא כוחו של הקבלן, יראו אותה כאילו נמסרה לקבלן.

(3) לפי דרישה בכתב מאת המפקח יחליף הקבלן את בא כוחו המוסמך או את מנהלי העבודה, אם לדעת המפקח אין הם מתאימים לתפקידם. החלטתו של המפקח בעניין זה היא סופית ואין הוא חייב לתת נימוקים או הסברים.

(4) לביצוע המבנה יקבל הקבלן עובדים רק באמצעות לשכת העבודה ובהתאם להוראות חוק שירות התעסוקה, תשי"ט-1959, הקבלן ישלם שכר עבודה לעובדים שיועסקו על ידו בביצוע המבנה, ויקיים תנאי עבודה, בהתאם לקבוע על ידי האיגוד המקצועי המייצג את המספר הגדול ביותר של העובדים במדינה באותו ענף, עבור עבודה דומה באותו אזור, ובהתאם לכל דין ו/או צו הרחבה ו/או הסכם ו/או הסכם קיבוצי החל.

(5) הקבלן מתחייב לשלם בעד עובד שהועסק על ידו בביצוע המבנה מיסים לקרנות ביטוח סוציאלי בשיעור שייקבע לגבי אותו העובד ע"י ארגון העובדים המייצג את המספר הגדול ביותר של עובדים במדינה באותו ענף, עבור עבודה דומה באותו אזור.

(6) הקבלן מתחייב להבטיח תנאי בטיחות ותנאים לשמירת בריאות העובדים ורווחתם כדרוש בחוק, ובאין דרישה חוקית, כפי שיידרש על ידי מפקחי העבודה, במובן חוק ארגון ופיקוח על העבודה, תשי"ד-1954.

פנקסי
כח-אדם
מצבות כח-אדם
ורוחת עובדים

34. (1) הקבלן מתחייב שבביצוע המבנה ינוהלו, לשביעות רצונו של המפקח, פנקסי כח-אדם שיירשם בהם שמו, מקצועו וסוגו במקצוע, של כל עובד, וכן ימי עבודתו, שעות עבודתו ושכר עבודתו.

(2) הקבלן מתחייב להמציא למפקח לפי דרישה את פנקסי כח-האדם לשם ביקורת, וכן להכין ולהמציא למפקח לפי דרישתו ולשביעות רצונו מצבת כח אדם חודשית, שבועית ויומית, שתכלול את חלוקת העובדים לפי מקצועותיהם סוגיהם והעסקתם.

(3) הקבלן מתחייב שישודרו לעובדים המועסקים בביצוע המבנה סידורי נוחיות (מתקני תברואה) ומקומות אכילה נאותים באתר המבנה לשביעות רצונו של המפקח.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

החומרים והדברים האחרים הדרושים לביצועו היעיל של המבנה בקצב הדרוש ובהתאם לחוזה זה ונספחיו.

ציוד
מתקנים וחומרים

- (2) רואים את הקבלן כמי שנמצאים ברשותו כל הציוד והמתקנים הדרושים לביצועו היעיל של המבנה בקצב הדרוש.
- (3) הקבלן מתחייב, לא יאחר ממועד התחלת העבודה שנקבע בצו התחלת העבודה, לאגור את החומרים באתר המבנה, או להבטיח את אספקתם לפי לוח זמנים של אספקת חומרים שיוגש יחד עם לוח הזמנים לפי סעיף 10 ושיהיה מבוסס עליו. הכל להנחת דעתו של המפקח. לא הגיש הקבלן לוח זמנים של אספקת חומרים כאמור או שזה לא אושר על ידי המפקח, ייקבע לוח הזמנים של אספקת החומרים על ידי המפקח והוא יחייב את הקבלן.
- (4) הקבלן יבטח את החומרים שסופקו לאתר המבנה או שאספקתם הובטחה ושולם עבורם לפי דרישת אתרים להנחת דעתה, לפי התנאים שיקבעו על ידה ובהתאם להוראות סעיף 16 לתנאים כלליים אלה, בשינויים המחויבים לפי העניין.
- לצורך החוזה - דין חומרים שסופקו כאמור או שאספקתם הובטחה ושולם עבורם, כדין חומרים שהושקעו במבנה בתאריך אספקתם, או הבטחת אספקתם והתשלום עבורם.
- חומרים שהקבלן חייב לספקם - רשאת אתרים להורות שישתמש הקבלן בביצוע המבנה, בחומרים שיסופקו על-ידי אתרים שתמורתם תנוכה מהסכומים המגיעים לקבלן.
- (5) הותנה במפורש שאתרים תספק את חומרי המבנה, כולם או מקצתם, וסופקו החומרים בהתאם לכך - יחולו עליהם כללים אלה:
- (א) הקבלן ישתמש בחומרים האמורים אך ורק לביצוע המבנה.
- (ב) כשהוכנסו חומרים מהחומרים האמורים לאתר המבנה - לא יהא הקבלן רשאי להוציא אותם או חלק מהם, מאתר המבנה אלא אם קיבל רשות מוקדמת בכתב מאת המפקח.
- (ג) הקבלן מתחייב שהחומרים האמורים, כולם או מקצתם, לא יוחלפו בחומרים אחרים, אלא אם קיבל רשות מוקדמת בכתב מאת המפקח.
- (ד) הקבלן מתחייב להחזיר לאתרים את החומרים שסופקו על ידי אתרים ושלא השתמש בהם לביצוע המבנה, וכן כל עודף ושארית מהחומרים האמורים לפי הוראות המפקח.
- (6) לא החזיר הקבלן את החומרים או את עודפם, לפי פסקא 5'(ד) דלעיל, חייב הקבלן לשלם לאתרים תמורתם, סכום שייקבע ע"י המפקח בהתאם למחירי השוק ביום מתן תעודת ההשלמה לפי סעיף 49 (1) להלן. אולם אם נדרש הקבלן ע"י המפקח להחזיר את החומרים או עודפם לפני השלמת המבנה, תיקבע תמורתם כאמור לפי מחירי השוק לתאריך הדרישה. על אף האמור לעיל, תיקבע כאמור תמורתם של מלט ושל כל חומר העלול להתקלקל, לפי מחירי השוק של המלט או החומר האחר במועד מסירתם לקבלן בתוספת הצמדה מתאימה כפי שייקבע המפקח והחלטתו תהיה סופית ומחייבת.
- (7) הוקצבו לקבלן על ידי רשות מוסמכת, על פי המלצת אתרים, חומרים שחל עליהם פיקוח או הגבלות בקשר לקיצובו או חלוקתו, יחולו עליהם הכללים בס"ק 8'(א),(ב),(ג) לעיל. לא השתמש הקבלן בחומרים שהוקצבו כאמור, לביצוע המבנה, מסיבה כלשהי כולם או מקצתם,

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

עליו להציע אותם למכירה לאתרים במחיר שיהיה בתוקף במועד המכירה בתוספת הוצאות הובלה לאתר המבנה. לא קנתה אתרים את החומרים תוך 30 (שלושים) יום מיום ההצעה כאמור, יוכל הקבלן להשתמש בחומרים אלה למטרה אחרת, בהסכמת הרשות המוסמכת שהקציבה את החומרים.

חומרים וחלקים הדרושים להפעלת ציוד לביצוע המבנה דינם כדין חומרים.

36. (1) לעניין חוזה זה "חומרים" פירושו: חומרים שהובאו ע"י הקבלן לאתר המבנה, למטרת ביצוע המבנה והשלמתו, לרבות אביזרים, מוצרים, בין מוגמרים ובין בלתי מוגמרים, וכן מתקנים העתידים להיות חלק מן המבנה.

חומרים
וציוד
באתר
המבנה

(2) חומרים וכן מבנים ארעיים שהוקמו ע"י הקבלן באתר המבנה, למטרת ביצוע המבנה והשלמתו, יעברו בעת הבאתם או הקמתם כאמור, לבעלות אתרים.

(3) חומרים וציוד שהובאו על ידי הקבלן לאתר המבנה למטרת ביצוע המבנה והשלמתו, אין הקבלן רשאי להוציאם מאתר המבנה ללא הסכמת המפקח בכתב ומראש. על הקבלן להבטיח בהזמנות ובחוזים שלו עם ספקים וקבלני משנה, שלא תהיה להם כל זכות להוציא חומרים וציוד שהובאו לאתר המבנה, גם אם הקבלן לא שילם להם את התמורה עבורם, כולה או חלקה, ויוכלו לתבוע מהקבלן את התמורה אך ורק בדרך אחרת. ניתנה תעודת השלמה למבנה על פי סעיף 49(1), חייב הקבלן להוציא מאתר המבנה את הציוד והמבנים הארעיים השייכים לו ואת עודפי חומרי הבניה.

(4) כל אימת שנפסלו ציוד וחומרים על פי הוראות סעיף קטן (6) לסעיף זה או הורה המפקח בכתב, שהציוד והחומרים לפי סעיפים קטנים (1) - (3) אינם נחוצים עוד לביצוע המבנה, רשאי הקבלן להוציאם מאתר המבנה. עם פסילתם, או מתן הוראה כאמור, חדלים החומרים מלהיות בבעלות אתרים. נקבע בהוראה מועד לסילוק הציוד או החומרים, חייב הקבלן להוציאם בהקדם האפשרי ולא יאוחר מהמועד שנקבע כאמור. נמנע הקבלן מלעשות כן - רשאית אתרים, לאחר מתן הודעה מוקדמת בכתב של 7 (שבעה) ימים, למכרם, ולאחר שתנכה ממחירם את כל ההוצאות הכרוכות במכירתם, תזכה אתרים את חשבון הקבלן בכל העודף שיוותר.

(5) הקבלן אחראי לשמירתם הבטוחה של הציוד והחומרים, והוא רשאי להשתמש בהם לצורך ביצוע החוזה, אולם בכל מקרה מן המקרים המפורטים בסעיף 61, רשאית אתרים להשתמש בזכויות המוקנות לה על פי אותו סעיף, וזכות השימוש של הקבלן לפי סעיף קטן זה כפופה לזכויות אתרים על פי סעיף 61, כאמור.

(6) אין להסיק מהוראות סעיף זה, מתן אישור על-ידי המפקח לטיבם של חומרים וציוד כלשהם, והמפקח רשאי לפסלם בכל זמן שהוא, ובכך מקרה אין באישורם על-ידי המפקח כדי לגרוע מהתחייבויות הקבלן לפי החוזה.

37. (1) הקבלן ישתמש בחומרים מהמין המשובח ביותר ובהתאם לאמור במפרטים, בתכנויות ובכתב הכמויות, ובשאר מסמכי החוזה.

טיב
החומרים
והמלאכה

(2) הקבלן ישתמש אך ורק בחומרים בעלי תו תקן או סימן השגחה. חומרים שאינם בעלי תו תקן או סימן השגחה, אולם שלגביהם

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

קיימים תקנים מטעם מכון התקנים הישראלי, יתאימו בתכונותיהם לתקנים האמורים. בהעדר תקנים ישראליים יקבעו תקנים זרים, כפי שמפורטים במסמכי החוזה או כפי שיקבע המפקח. חובת ההוכחה על ההתאמה כאמור חלה על הקבלן.

(3) הקבלן מתחייב שלא ישתמש בביצוע המבנה, אלא בחומרים שנבדקו ונמצאו כשירים לתפקידם על ידי המפקח.

(4) סופקו חומרים מסוימים על ידי אתרים - אין עובדה זו כשלעצמה גורעת מאחריותו של הקבלן לגבי טיב העבודה כולל החומרים. לכן יהיה הקבלן חייב למסור לבדיקה את החומרים הנ"ל ובכל מקרה שלא יסתייג מהם יראו אותם מבחינת הטיב כאילו סופקו על ידי הקבלן.

(5) הקבלן מתחייב לספק על חשבוננו הוא ולפי הוראות המפקח, דגימות מהחומרים והמלאכה שנעשתה וכן את הכלים, כח האדם וכל יתר האמצעים הדרושים לביצוע בדיקותיהם באתר המבנה, או להעברתם של החומרים לבדיקה במבדקה, הכל כפי שיוורה המפקח.

(6) דמי בדיקת דגימות במבדקה או בדיקת חומרים וטיב עבודה בשטח, יחולו על הקבלן, אלא אם צוין אחרת, בכל מסמך המצורף לחוזה והמהווה חלק בלתי נפרד הימנו. כהוצאות שהוצאו עבור דמי בדיקת דגימות במבדקה או באתר כאמור, ייחשבו רק סכומים שהוצאו למעשה למטרה זו. לא נוצל כל הסכום שהוקצב כאמור למטרה האמורה אם הוקצב, יוחזר העודף לאתרים ע"י הקבלן.

(7) ההוצאות דלהלן לא ייחשבו ככלולות בסכום שנקבע, אם נקבע, כדמי בדיקות והן תחולנה בכל מקרה על הקבלן:

א. דמי בדיקות מוקדמות של חומרים המיועדים לקביעת מקורות האספקה.

ב. דמי בדיקות שהזמין הקבלן למטרותיו הוא כמו לנוחיות העבודה, לחסכון וכיו"ב.

ג. דמי בדיקות של חומרים ומלאכה, שימצאו בלתי מתאימים לדרישות החוזה ותנאיו.

ד. הוצאות לוואי שונות למטרת ביצוע בדיקות מכל סוג שהוא, לרבות ההוצאות האמורות בסעיף קטן (5).

(8) נדרש הקבלן ע"י המפקח כאמור בסעיף קטן (5) לבצע בדיקת דגימות בסכום העולה על הסכום שנקבע לכך כאמור אם נקבע - יחול ההפרש על אתרים. אלא אם היו ההוצאות העודפות כאמור לדעת המפקח, הוצאות כמפורט בסעיף קטן (7) לעיל.

(9) עם קבלת צו התחלת העבודה, על הקבלן לפתוח חשבון במכון התקנים או מכון מוכר אחר, מאושר על ידי המפקח. זכותו של המפקח לקבוע את המבדקה שתבצע את הבדיקות ולהזמין בעצמו את הבדיקות במסגרת החשבון של הקבלן, או לשלם ישירות למבדקה ולנכות את הסכומים מתמורת החוזה. זכותו זו של המפקח לא תגרע מאחריותו של הקבלן לגבי טיב החומרים, המלאכה והעבודה כנדרש בחוזה.

הקבלן יכלול בהצעתו וישתמש לצורך ביצוע המבנה, ככל שניתן ואם לא הוגדר אחרת במפרט ובשאר מסמכי החוזה, בחומרים ומוצרים מתוצרת הארץ, דהיינו שהערך המוסף שלהם לפחות 35% (שלושים וחמישה אחוז) לפי אישור היצרן.

37א'.

העדפת
חומרים
ומוצרים
מתוצרת

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

הארץ

במידה ואין חומר או מוצר מתוצרת הארץ, העומד בדרישות התקנים, או עונה לדרישות המפורטות במסמכי החוזה או חומר או מוצר תוצרת הארץ יקר יותר ב-10% (עשרה אחוזים) מחומר שווה ערך מתוצרת חוץ, רשאי הקבלן להשתמש בחומרים ומוצרים אחרים באישור המפקח, בתנאי שימציא את כל האישורים ביחס לאיכות ולמחיר ובמקרה של מוצרים, שמובטחים להם חלקי חילוף לאחזקה שוטפת. החלטת המפקח בנושאים אלה תהיה מחייבת, בלעדית וסופית.

במקרה של ספק לגבי בחירת חומר או מוצר מסוים, יעביר הקבלן בכתב לאישור המפקח עם הגשת הצעתו, או זמן מספיק לפני הזמנת חומר או מוצר מסוים, את כל הנתונים על המוצר או החומר, או החלופות השונות, כולל שם היצרן או הספק, המפרט הטכני, המחיר, זמן אספקה, חלקי חילוף וכיו"ב. לא תינתן כל אורכה בזמן הביצוע ולא ישולם כל פיצוי. עקב פיגור ברכישה או אספקה של חומר או מוצר מסוים, שהקבלן לא קיבל אישור לגביו בזמן.

38. (1) הקבלן מתחייב למנוע את כיסויו או הסתרתו של חלק כלשהו מהמבנה שנועד להיות מכוסה או מוסתר, ללא הסכמתו מראש של המפקח.
- (2) הושלם חלק מהמבנה שנועד להיות מכוסה או מוסתר, יודיע הקבלן למפקח בכתב שהחלק האמור מוכן לבדיקה והקבלן יאפשר ויעזור למפקח לבדוק, לבחון ולמדוד את החלק האמור מהמבנה, לפני כיסויו או הסתרתו.
- (3) הקבלן יחשוף, יקדח קידוחים ויעשה חורים או כל עבודה אחרת בכל חלק מהמבנה, לפי הוראות המפקח לצורך בדיקתו, בחינתו ומדידתו ולאחר מכן יחזירו לתיקונו לשביעות רצונו של המפקח. לא מילא הקבלן אחר הוראות המפקח, לפי סעיף קטן זה, רשאי המפקח לחשוף, לקדח קידוחים ולעשות חורים בכל חלק מהמבנה ולאחר מכן להחזירו לתיקונו.
- (4) ההוצאות הכרוכות בעבודה האמורה בסעיף קטן (3) תחולנה על הקבלן, פרט אם קיים הקבלן את התחייבותו לפי סעיף קטן (1) והבדיקות הוכיחו שהמלאכה בוצעה לשביעות רצונו של המפקח.
- (5) הוצאות שחלות לפי סעיף זה על הקבלן, רשאית אתרים לנכותן מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא וכן תהא רשאית לגבותן מהקבלן בכל דרך אחרת.

39. (1) המפקח יהיה רשאי להורות לקבלן, מזמן לזמן, תוך כדי ביצוע המבנה:
 - (א) על סילוק חומרים כל שהם מאתר המבנה, תוך תקופת זמן אשר תצוין בהוראה, בכל מקרה שלדעת המפקח אין החומרים מתאימים.
 - (ב) על הבאת חומרים כשרים ומתאימים לתפקידם, במקום החומרים האמורים בפיסקא (א).
 - (ג) על סילוקו, הריסתו והקמתו מחדש, של חלק כלשהו מהמבנה שהוקם על ידי שימוש בחומרים בלתי מתאימים, או במלאכה בלתי מתאימה, או בניגוד לתנאי החוזה.
- (2) כוחו של המפקח לפי סעיף קטן (1) יפה לכל דבר על אף בדיקה שנערכה על ידי המפקח ועל אף כל תשלום ביניים שבוצע בקשר לחומרים ולמלאכה האמורים.

בדיקת חלקים מהמבנה שנועדו להיות מכוסים

סילוק חומרים פסולים ומלאכה פסולה

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(3) לא מילא הקבלן אחר הוראת המפקח לפי סעיף קטן (1), תהא אתרים רשאית לבצעה על חשבון הקבלן והקבלן ישא בכל ההוצאות הכרוכות בביצוע ההוראה. אתרים תהא רשאית לגבות או לנכות הוצאות אלה מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא, וכן תהא רשאית לגבות מהקבלן בכל דרך אחרת.

פרק ח' - מהלך ביצוע המבנה

40.	הקבלן יתחיל בביצוע המבנה, בתאריך שייקבע ע"י אתרים בהוראה בכתב שתיקרא "צו התחלת העבודה", וימשיך בביצוע בקצב הדרוש והנכון לדעת אתרים או המפקח להשלמת המבנה והכספים העומדים לרשותה לביצוע המבנה, תוך התקופה שנקבעה בחוזה ובהתאם ללוח הזמנים המאושר בהתאם לסעיף 10, פרט אם קיבל מאת המפקח הוראה אחרת מפורשת ובכתב.	התחלת ביצוע המבנה
-----	--	-------------------------

41. (1)	לפני מתן הוראה להתחיל בביצוע המבנה, או בשעת מתן אותה הוראה, תעמיד אתרים לרשות הקבלן את אתר המבנה או אותו חלק ממנו הדרוש להתחלת ביצועו של המבנה והמשכיתו בהתאם ללוח הזמנים הנזכר בסעיף 10. לאחר מכן תעמיד אתרים לרשות הקבלן מזמן לזמן, חלקים נוספים מאתר המבנה, הכל כפי שיידרש לביצוע המבנה בהתאם ללוח הזמנים האמור.	העמדת אתר המבנה לרשות הקבלן
---------	---	---

(2) עם קבלת ההוראה להתחיל בביצוע המבנה והעמדת אתר המבנה או חלקו לרשות הקבלן, יקים הקבלן באתר הבניה שלטים בהתאם לתכנית, או להנחיות המפקח, בו יפורטו: חברת אתרים, עיריית ת"א-יפו, שם העבודה, הקבלן, המתכננים, היועצים והמפקח. כמו כן יציב שילוט אזהרה והכוונה כנדרש לבטיחות, לשמירה להכוונה וכיו"ב כמפורט במסמכי החוזה, או לפי הוראות המפקח ולשביעות רצונו הגמורה ובהתאם להוראות הדין החל.

42. (1)	הקבלן מתחייב להשלים את שלבי הביצוע של המבנה בהתאם ללוח הזמנים המאושר לפי סעיף 10 דלעיל ותוך התקופה המפורטת המבנה מניינה יתחיל מהתאריך שנקבע ע"י אתרים בהוראתה להתחלת הביצוע - צו התחלת העבודה. או תוך התקופה ובקצב, שנקבעו ע"י המנהל בתחילת העבודה ו/או במהלכה.	מועד השלמת בחוזה, אשר
---------	---	--------------------------------

(2) הוראות סעיף קטן (1) לסעיף זה תהיינה כפופות לכל תנאי החוזה לגבי השלמתו של כל חלק מסוים מהמבנה.

(3) ניתנה אורכה להשלמת המבנה בהתאם לסעיף 43 להלן, יוארך המועד להשלמת המבנה בהתאם לכך.

43. (1)	פקודת שינויים המחייבת את ביצועה של עבודה נוספת לזו שהובאה בחשבון לצורך קביעת מועד השלמת המבנה או המחייבת את ביטולה של חלק מהעבודה שהובאה בחשבון כאמור, או הפסקה לפי סעיף 46 להלן, רשאית אתרים, לאחר שמיעת טיעוני הקבלן, לקבוע בה את השינוי במועד השלמת המבנה, ו/או בקצב ושלבי בנייתו והשלמתו.	אורכה או קיצור להשלמת המבנה
---------	---	--------------------------------------

(2) נגרם עיכוב בביצוע המבנה על ידי כח עליון או על ידי תנאים אחרים שלדעת אתרים לא היתה לקבלן שליטה עליהם ולא היתה לו אפשרות למנוע את העיכוב - רשאי הקבלן לבקש אורכה במועד השלמת המבנה ואתרים תקבע את שיעור האורכה, אם בכלל תאשר את האורכה, בפקודת שינויים בתנאי כי:

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(א) הקבלן לא יהא רשאי לבקש אורכה עקב תנאים מיוחדים כאמור לאחר 30 (שלושים) יום מיום תחילת התנאים שגרמו לעיכוב ביצוע המבנה.

(ב) הקבלן יהא חייב להביא ראיות, לשביעות רצונה של אתרים, לרבות יומן העבודה, שהתנאים האמורים אירעו וגרמו לעיכוב בביצוע המבנה, כולו או חלקו.

- | | |
|--|--|
| <p>פרט אם הותנה בחוזה במפורש היפוכו של דבר, לא תיעשה עבודה בביצוע המבנה בשעות הלילה או בימי שבת ומועדי ישראל, ללא הסכמת המפקח מראש ובכתב.</p> | <p>עבודה בשעות היום בימי חול</p> |
| <p>אין הוראות סעיף קטן (1) חלות על עבודה שצריכה להיעשות מטבע הדברים, ללא הפסק או במשמרות רצופות, או כל עבודה שהיא הכרחית ובלתי נמנעת להצלת נפש או רכוש או לביטחון המבנה - ואולם במקרה של עבודה כזו, על הקבלן להודיע מיד למפקח על כל הנסיבות שבעבודה, במפורש.</p> | <p>החששת או האטת קצב ביצוע המבנה</p> |
| <p>אם יהיה צורך לדעת אתרים בכל זמן שהוא, להחיש את קצב ביצוע המבנה מכפי שנקבע תחילה, קרי להקדים את מועד סיום העבודות לעומת המועד שצוין בצו תחילת העבודות, תפנה אתרים בדרישה מתאימה לקבלן והקבלן מתחייב לעשות כמיטב יכולתו להחשית את ביצוע המבנה בהתאם לדרישה ולמלא אחרי כל יתר הוראות אתרים, הנוגעות לעניין שעות העבודה, ימי העבודה ושיטות העבודה.</p> | <p>ביצוע המבנה</p> |
| <p>מילא הקבלן את התחייבותו לפי סעיף קטן (1) ונגרמו לו כתוצאה מכך, לדעת המפקח, הוצאות נוספות בפועל על אלה הכרוכות בביצוע המבנה לפי הקצב שנקבע תחילה, תחזיר אתרים לקבלן את ההוצאות הנוספות בשיעור שייקבע על פי שיקול דעת אתרים, בתוספת 6% (ששה אחוזים) עבור רווח, הוצאות כלליות ומימון, אם היו כאלו. תשלום זה יהיה בבחינת תשלום הנעשה ע"י אתרים לפני משורת הדין וללא כל מחויבות של אתרים. הקבלן מוותר בזאת ויתור סופי ומוחלט על כל טענה שתהיה לו, אם תהיה לו, כנגד סרוב אתרים לשלם לו תשלום כלשהו, או תשלום חלקי בגין ההוצאות שנגרמו לו בפועל כאמור.</p> | <p>פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים</p> |
| <p>לא מילא הקבלן את התחייבותו לפי סעיף קטן (1) יחולו הוראות סעיף 60 להלן, ובלבד שהקבלן לא יישא אלא בהוצאות הכרוכות בביצוע המבנה לפי הקצב שנקבע תחילה.</p> | <p>פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים</p> |
| <p>לא ישלם הקבלן את ביצוע המבנה תוך התקופה הנקובה במסמכי החוזה, בהתחשב בהארכתה או בקיצורה לפי סעיף 43 לעיל, ישלם הקבלן לאתרים סכום כמפורט בחוזה, כפיצויים מוסכמים וקבועים מראש לכל יום איחור, ללא צורך בהוכחת נזק</p> | <p>פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים</p> |
| <p>אתרים תהא רשאית לנכות את סכום הפיצויים האמורים בסעיף קטן (1) מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא וכן תהא רשאית לגבותו מהקבלן בכל דרך אחרת. תשלום הפיצויים או ניכויים אין בו כשלעצמו משום שחרור הקבלן מהתחייבותו להשלים את המבנה או מכל התחייבות אחרת לפי החוזה.</p> | <p>פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים</p> |
| <p>אם לפני השלמת המבנה נתן המפקח לקבלן תעודת השלמה, לגבי חלק כלשהו של המבנה, לפי סעיף 49 להלן ואתרים החזיקה או השתמשה בחלק האמור, יופחת לגבי כל יום שלאחר מתן תעודת ההשלמה האמורה, חלק יחסי מהפיצויים המוסכמים והקבועים מראש, כאמור</p> | <p>פיצויים מוסכמים וקבועים מראש על איחורים</p> |

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה
בסעיף קטן (1), לפי הערך היחסי של חלק המבנה האמור ביחס לערך המבנה כולו.

הפסקת עבודה

47. (1) הקבלן יפסיק את ביצוע המבנה כולו או מקצתו, לזמן מסוים או לצמיתות לפי הוראה בכתב מאת אתרים בהתאם לתנאים ולתקופה שיצינו בהוראה ולא יחדש את ביצועו אלא אם ניתנה לו ע"י אתרים הוראה בכתב על כך.
- (2) הופסק ביצוע המבנה, כולו או מקצתו, לפי סעיף קטן (1), ינקוט הקבלן באמצעים להבטחת המבנה ולהגנתו לפי הצורך, לשביעות רצונו של המפקח.
- (3)
- (4) נגרמה הפסקת עבודה, לדעת אתרים, באשמת הקבלן - תחולנה ההוצאות שנגרמו לקבלן, תוך כדי מילוי הוראות המפקח לפי סעיף זה, על הקבלן.
- (5) הופסק ביצוע המבנה, כולו או מקצתו, באופן זמני או לצמיתות, אחרי שניתן על ידי אתרים צו התחלת עבודה על פי סעיף 40 הנ"ל, והקבלן החל בביצוע המבנה למעשה, יהא הקבלן זכאי לקבל מאתרים את התמורה עבור העבודה שביצע בפועל עד למועד הפסקת העבודה.
- לצורך קביעת ערך העבודה שבוצעה בפועל על ידי הקבלן תעשינה מדידות סופיות לגבי המבנה כולו או חלק ממנו, שהקמתו הופסקה, הכל לפי העניין, לכל המאוחר תוך 30 (שלושים) יום מהתאריך בו ניתנה לקבלן הודעה בכתב, כאמור. ערך העבודה שבוצעה בפועל יחושב על ידי הקבלן ויוגש לאישור המפקח, תוך 30 (שלושים) יום מהשלמת המדידות.
- (6) במקרה האמור בסעיף קטן (5), ישולם לקבלן הסכום המגיע בהתאם לתוצאות המדידות כאמור בסעיף קטן (5) והמחירים שבכתב הכמויות והכל בהתאם לאישור המפקח שהחלטתו בעניין תהיה סופית ומחייבת. הקבלן מצהיר ומאשר שמעבר לתמורה המגיעה לו עבור העבודה שבוצעה על-ידיו בפועל הוא לא יהיה זכאי לכל פיצוי שהוא בגין ו/או בקשר להפסקת העבודה והוא מונוע מעצמו מראש כל טענה ו/או דרישה ו/או תביעה בעניין זה כלפי אתרים ובכלל.
- (7) הופסק ביצוע המבנה, כולו או מקצתו, לצמיתות אחרי חתימת החוזה, אך לפני שניתן על ידי אתרים צו להתחלת העבודה כאמור או אחרי שניתן צו התחלת העבודה, אך הקבלן טרם החל בביצוע המבנה למעשה. לא יהיה הקבלן זכאי לתשלום ו/או זכות כלשהם.
- (8) נגרמה הפסקת ביצוע המבנה לפי סעיפים קטנים (5) עד (7) באשמת הקבלן - לא יהא הקבלן זכאי לתשלום פיצויים כאמור או לתשלום פיצויי כלשהו בכלל.
- (9) הקבלן מסכים ומצהיר כי מבלי לפגוע באמור לעיל ובנוסף לכך, מכיוון שבאתר המבנה יכולות להתבצע עבודות גם ע"י קבלנים נוספים ומכיוון שאתרים ניזונה מתקציבים עירוניים ו/או ממשלתיים, הרי בכל מקרה בו תופסק העבודה באופן ארעי או באופן קבוע, בשל מעשה או מחדל של קבלן נוסף, ו/או מכח צווים של הקפאת הבניה או צווים של רשות מוסמכת, או הקפאת פרויקטים, ו/או בשל חוסר תקציב, ו/או בשל הפרעות או עיכובים או מניעות מכל מין וסוג שהם, בעבודות המתבצעות במקום, לא תחשב אתרים כמי שהפרה את החוזה. במקרה של הפסקת ביצוע המבנה עפ"י סעיף זה, יערך ע"י הקבלן חשבון אשר יוגש לאתרים, ייבדק ויאושר ע"י המפקח, ויכלול את כל התשלומים

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

המגיעים לקבלן בגין ביצוע המבנה עד ליום הפסקתו, אשר יהווה חשבון סופי ומוחלט לסילוק כל דרישותיו ותביעותיו של הקבלן, ויחולו עליו אותם תנאי תשלום אשר חלים על חשבון סופי כאמור בחוזה.

48. (1) הסכמה מצד אתרים או המפקח לסטות מתנאי חוזה זה במקרה מסויים, לא תהווה תקדים ולא ילמדו ממנה גזירה שווה, למקרה אחר.

(2) לא השתמשו אתרים או המפקח, בזכויות הניתנות להם לפי חוזה זה במקרה מסויים, אין לראות בכך ויתור על אותן זכויות במקרה אחר ואין ללמוד מהתנהגות זו, ויתור כל שהוא על זכויות וחובות לפי חוזה זה.

(3) לא יעמוד הקבלן בהתחייבות מהתחייבויותיו על פי חוזה זה לשביעות רצון אתרים, רשאת אתרים, בנוסף לכל זכות העומדת לה על פי כל חוק ו/או דין ו/או החוזה, לעכב את המשך ביצוע המבנה, עד לביצועה של אותה התחייבות לשביעות רצונה, כאמור, וכל אותם נזקים ו/או אי עמידה בלוח הזמנים המאושר שייגרמו כתוצאה מן העיכוב האמור, ייראו כאילו נגרמו באשמת הקבלן.

שימוש
או אי
שימוש
בזכויות
על-ידי
אתרים

פרט ט' – השלמה, בדק, תיקונים והגשת חשבון סופי

49. (1) הושלם המבנה - יודיע על כך הקבלן למפקח בכתב והמפקח יתחיל בבדיקת המבנה תוך 15 יום מיום קבלת ההודעה וישלים את הבדיקה תוך 30 יום, מיום שהתחיל בה. מצא המפקח את המבנה מתאים לתנאי החוזה ומשביע רצונו - ייתן לקבלן תעודת השלמה לפי דוגמא במוסף א' לנספח זה עם תום הבדיקה. אם לא יתאים המבנה לכל תנאי החוזה, ימסור המפקח לקבלן רשימת התיקונים וההשלמות הדרושים לדעת המפקח והקבלן חייב לבצעם תוך התקופה שתיקבע לכך על ידי המפקח. אולם המפקח רשאי, על פי שיקול דעתו, לתת לקבלן תעודת השלמה, גם לפני ביצוע התיקונים וההשלמות האמורים כנגד קבלת התחייבות בכתב מהקבלן, שיבצע יתקן וישלים, לשביעות רצון המפקח בתקופה שנקבעה על ידו, את התיקונים וההשלמות המפורטים ברשימה האמורה.

תעודת
השלמה
למבנה

(2) אין האמור בסעיף קטן (1) גורע מזכותה של אתרים, אם תחליט לעשות כן, להחזיק במבנה או בחלקו ולהשתמש בו, גם אם טרם בוצעו התיקונים וההשלמות ולא ניתנה תעודת השלמה והקבלן חייב לבצע את התיקונים וההשלמות תוך התקופה שנקבעה לכך על ידי המפקח. החלטת אתרים בעניין זה תהיה שלה בלבד ואין היא צריכה לנמק או להסביר אותה.

(3) לא ביצע הקבלן את התיקונים וההשלמות כולם או חלקם, תוך כדי התקופה שנקבעה ע"י המפקח, תהיה אתרים רשאית לבצע את התיקונים וההשלמות שלא בוצעו, בעצמה או על ידי גורם אחר. הוצאות הביצוע של התיקונים וההשלמות יהיה על חשבון הקבלן, ואתרים תנכה אותן, בתוספת 15% (חמישה עשר אחוזים) כתמורה להוצאות ארגוניות, מתמורת החוזה המגיעה לקבלן, או תיגבה אותן מהקבלן בכל דרך אחרת לפי שיקול דעתה.

(4) אם לפי תנאי החוזה על הקבלן להשלים חלק מסויים מהמבנה במועד מסויים לפני התאריך הסופי שנקבע להשלמת המבנה, או שהושלם חלק כל שהוא מהמבנה ואתרים החזיקה בו, השתמשה בו, או עומדת להחזיק בו או להשתמש בו, רשאי הקבלן לדרוש תעודת השלמה לגבי חלק המבנה האמור, והוראות הסעיפים הקטנים דלעיל, תחולנה על מתן תעודת השלמה לגבי חלק המבנה, או לגבי המבנה כולו.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

הגשת חשבון סופי 49 א הקבלן יגיש למפקח טיוטת חשבון בקובץ מחשב ובעותק קשיח על פי כמות מצטברת, לא יאוחר מ- 60 ימים מיום מתן תעודת השלמה למבנה או מסירת המבנה לאתרים (המוקדם מביניהם), אלא אם נקבע אחרת בהסכם. הקבלן יצרף לחשבון הסופי (1) דפי ריכוז כמויות ממולאים וחתומים על-ידי הקבלן, מנהל הפרויקט והמודד (במידת הצורך). (2) תוכניות AS MADE, חתומות על-ידי המודד ומאושרות על-ידי מתכננים, כולל CD בפורמט DWG (3) כמויות שמבוססות על יומני עבודה - יצרף צילום מיומן העבודה. (4) כמויות המבוססות על שינויים/עדכונים בתוכניות - אישור המפקח לשינויים. (5) עבודות נוספות שבוצעו לפי הוראות שינויים - יש לצרף את הוראות השינויים. (6) כל אסמכתא אחרת המעידה על ביצוע העבודות וכן כל מסמך אחר הנדרש לפי הוראות ההסכם.

בדיקת החשבון הסופי ותשלום לפיו יתבצעו לפי הוראות ההסכם.

50. (1) לצורך החוזה, תקופת הבדק פירושה: תקופה של 12 (שנים עשר) חודשים, או כל תקופה אחרת שנקבעה בחוק או במסמכי החוזה, הארוכה מביניהן. מניינה של תקופת הבדק יתחיל מתאריך מתן תעודת השלמה למבנה בהתאם לסעיף 49, או במקרה של תעודת השלמה לגבי חלקים שונים של המבנה - מתאריכי מתן התעודות האמורות לגבי החלקים האמורים.

(2) נתהווה או נתגלה במבנה, תוך תקופת הבדק, נזק או קלקול אשר לדעת המפקח נגרם כתוצאה מעבודה לקויה או שימוש בחומרים פגומים, או לא מתאימים, חייב הקבלן לתקן, להחליף, או לבנות מחדש מיד כל נזק או קלקול כאמור. הכל לפי דרישת המפקח ולשבועות רצונו של המפקח ובלבד שדרישה כאמור תימסר לקבלן לא יאוחר מ-3 (שלושה) חודשים מתום תקופת הבדק. הוא הדין לגבי נזק או קילקול שנתהווה או נתגלה תוך תקופת הבדק, בכל תיקון שבוצע לפי סעיף 25 לכביש, דרך, מדרכה, שביל, עבודות תשתית אחרות וכיו"ב, ואשר נגרם, לדעת המפקח כתוצאה מעבודה לקויה או שימוש בחומרים פגומים, או לא מתאימים.

(3) אין בסעיף קטן (2) דלעיל בכדי לגרוע מהאמור בסעיף 51 (2).

(4) ההוצאות הכרוכות במילוי התחייבות הקבלן לפי סעיפים קטנים (2) ו-(3), יחולו במלואן על הקבלן.

51. (1) נתגלה פגם במבנה בזמן ביצועו, רשאי המפקח לדרוש מהקבלן שיחקור אחר סיבות הפגם ושיתקנו, יחליפו, או יבנה מחדש, לפי שיטה שתאושר על ידי המפקח ותקופה שתקבע על ידו. היה הפגם כזה שאין הקבלן אחראי לו לפי החוזה בהתאם להחלטתו הבלעדית של המפקח, יחולו הוצאות החקירה והתיקון על אתרים, היה הפגם כזה שהקבלן אחראי לו לפי החוזה, לפי החלטתו הבלעדית של המפקח, יחולו הוצאות החקירה על הקבלן, וכן יהא הקבלן חייב לתקן על חשבונו הוא את הפגם וכל הכרוך בו. אם הפגם אינו ניתן לתיקון ואתרים תהיה מוכנה לקבל אותו, יהיה הקבלן חייב בתשלום פיצויים לאתרים בסכום שייקבע ע"י אתרים. החלטת אתרים תהיה סופית ומכרעת ללא זכות ערעור.

(2) בנוסף לכל האמור בחוזה, נתגלה פגם במבנה תוך 5 (חמש) שנים אחר גמר תקופת הבדק, הנובע מביצוע המבנה שלא בהתאם לתנאי החוזה, יהיה הקבלן חייב לתקן את הפגם וכל הכרוך בו על חשבונו הוא, בתקופה שתקבע ע"י המפקח, ואם הפגם אינו ניתן לתיקון ואתרים תהיה מוכנה לקבל אותו, יהיה הקבלן חייב בתשלום פיצויים לאתרים,

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה
 בסכום שייקבע על ידי אתרים. החלטת אתרים תהיה סופית ומכרעת
 ללא זכות ערעור.

- אי מילוי התחייבויות הקבלן לפי סעיפים 47 (2) ו-51 (3) 52. לא ימלא הקבלן אחרי התחייבויותיו לפי הסעיפים 47 (2), 50 (2) ו- (3), 51, בתקופה שנקבעה לכך על ידי המפקח ולשביעות רצונו הגמורה, רשאית אתרים לבצע את העבודות האמורות על ידי קבלן אחר או בכל דרך אחרת. במידה וההוצאות לביצוע עבודות אלה חלות על הקבלן, לפי החלטתו הבלעדית של המפקח, רשאית אתרים לגבות או לנכות את ההוצאות האמורות, בתוספת של 15% (חמישה עשר אחוזים) שיחשבו כהוצאות ארגוניות, מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא וכן תהא אתרים רשאית לגבותן מהקבלן בכל דרך אחרת לפי שיקול דעתה. אין ביצוע העבודות הנ"ל על ידי אתרים במקום הקבלן גורע מאחריות הקבלן לגבי טיב העבודה כולל עבודות אלה ולכל שאר תנאי החוזה.

פרק י' - שינויים, תוספות והפחתות

- שינויים 53. (1) המפקח רשאי להורות, בכל עת, על כל שינוי לרבות: צורתו, אופיו, סגנונו, איכותו, סוגו, גודלו, כמותו, גובהו, מתאריו וממדיו של המבנה וכל חלק ממנו, הכל לפי שימצא לנכון והקבלן מתחייב למלא אחר הוראותיו.
- אתרים שומרת לעצמה את הזכות להגדיל ו/או להרחיב את העבודות הרשומות בכתב הכמויות או להפחית מהן בהתאם לשיקול דעתה הבלעדי. מבלי לגרוע מהאמור לעיל, מובהר, כי אתרים רשאית לבטל סעיפים מסוימים, להוסיף סעיפים חדשים, להגדיל או להקטין את הכמויות בסעיפים ללא כל הגבלה. הקבלן יהיה מחויב מיד לאחר שיקבל הוראה בכתב מהמפקח למלא אחר כל הוראות שינויים ולבצע כל עבודה נוספת שתידרש.
- בנוסף לאמור לעיל, אתרים שומרת לעצמה את הזכות להזמין מהקבלן עבודות המשך וזאת בתקופה של עד שנה ממועד מתן תעודת השלמה למבנה.
- "עבודות המשך" בסעיף זה פירושה: כל עבודה הנדרשת לאתרים, על פי שיקול דעתה הבלעדי כאשר התמורה בגינה תסוכם במו"מ בין אתרים לקבלן.
- (2) הוראת המפקח על שינוי המבנה לפי סעיף קטן (1) תיקרא פקודת שינויים ותימסר לידי הקבלן בכתב. פקודת שינויים שערך השינויים בה, לרבות שינויים קודמים לפי פקודת שינויים עולה על 5% (חמישה אחוזים) מהתמורה לביצוע החוזה, תהיה חתומה ע"י מי שמייצג את אתרים לעניין חוזה זה.
- (3) היה לדעת המפקח הכרח בשינוי מיידי, אשר ערכו אינו עולה על 1% (אחד אחוז) מהתמורה לביצוע החוזה, רשאי המפקח להוציא את הוראות השינויים בע"פ ולהעבירה בכתב בתוך 7 (שבעה) ימים מיום נתינתה.
- (4) נתגלה, שהכמות למעשה של פרט הנזכר בכתב הכמויות למדידה (לא פאושלי) עולה או יורד ביותר מ-20% (עשרים אחוזים) על הנקוב בכתב הכמויות, תוצא פקודת שינויים על כך.

- הערכת עולה על 54. (1) ערכו של כל שינוי שבוצע בהתאם לפקודת שינויים ושערכו אינו שינויים (שלושים וחמישה אחוזים) מהתמורה של החוזה 35% או שלא גדל למעלה מ-50% (חמישים אחוזים) בסעיפים השונים מערך כל סעיף וסעיף שבכתב הכמויות כאמור בסעיף 53, ייקבע

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

לפי מחירי היחידות הנקובים בכתב הכמויות. לא נקבעו בכתב הכמויות כל מחירי היחידות הדרושים לקביעת ערכו של השינוי - ייקבע ערכם של מחירי היחידות החסרים במשא ומתן בין אתרים והקבלן, כאמור בסעיף קטן (2) להלן. אולם אין הקבלן רשאי לעכב את ביצועו של השינוי מחמת אי קביעת ערכו של השינוי. ערכו של כל שינוי העולה על 35% (שלושים וחמישה אחוזים) מתמורת החוזה או ערכו של כל שינוי שגדל בלמעלה מ-50% (חמישים אחוזים) מערך כל סעיף וסעיף בכתב הכמויות, כאמור בסעיף 53, ייקבע במשא ומתן בין אתרים והקבלן.

בהעדר הסכמה בין הקבלן לאתרים כאמור, יקבע המפקח את ערכם של מחירי היחידות החסרים כאמור לעיל, החלטתו כאמור תהא מכרעת, סופית ובלתי ניתנת לערעור. בהתאם לאמור הקבלן מתחייב לבצע את מחירי היחידות החסרות בהתאם להכרעתו של המפקח כאמור.

(2) בקביעת מחירי היחידות החסרים, במו"מ, כאמור בס"ק (1), יילקחו בחשבון מחירי יחידות דומים הנקובים בכתב הכמויות או אם אין כאלה, לפי מחירון דקל כפי שיהיה באותה עת בהנחה של 10%, או במידה וגם בדקל אין מחירים אז יהיה המחיר בהתאם לניתוח מחיר מסודר לאישור המפקח. בכל מקרה, הרווח וההוצאות הכלליות לא יעלו על 6% (שישה אחוזים).

פרסמה אתרים מכרז לביצוע עבודות שאינן כלולות בחוזה וההתקשרות עם קבלני המשנה נעשתה ישירות עם אתרים, או באמצעות הקבלן ו/או כאשר העבודות הן עבודות פיתוח והמחירים לביצוע נקבעו על פי חוזים שנחתמו בעבר עם קבלני משנה לביצוע עבודות דומות, התוספת לה זכאי הקבלן בגין עבודות קבלני המשנה תהיה בהתאם למה שנקבע בסעיף 31 לעיל.

(3) על אף האמור בסעיף קטן (1), אם קבע המפקח, ביוזמתו הוא, או לפי בקשת הקבלן, שמחיר יחידה הנקוב בכתב הכמויות אינו מתקבל על הדעת - רואים את מחיר היחידה כאילו אינו נקוב בכתב הכמויות ונוהגים לגבי קביעת מחיר יחידה מתאים בהתאם לאמור בסעיף קטן (2). החלטתו של המפקח בנדון תהיה בלעדית, סופית, מחייבת ומוחלטת.

(4) קיבל הקבלן פקודת שינויים שלא נקבע בה ערכו של השינוי והוא בדעה שהשינוי מחייב את העלאת התמורה הנקובה בחוזה - יודיע לאתרים בהקדם האפשרי, על כוונתו לבקש העלאת התמורה כאמור. עברו 30 (שלושים) יום מיום מתן פקודת השינויים מבלי שהקבלן פנה בכתב כאמור, רואים אותו כמי שהסכים לכך שהשינוי לא ישפיע על התמורה, והוא מוותר על כל טענה בעניין זה.

55. (1) דרש המפקח, בפקודת שינויים את ביצועה של עבודה אשר לדעתו מן הראוי שתיעשה לפי עבודה יומית, יודיע על כך לקבלן בפקודת השינויים והקבלן יבוא על שכרו בעד ביצוע העבודה האמורה על פי ערך העבודה והחומרים (באתר המבנה). בהעדר הוראה מפורשת בחוזה, המנוגדת להוראה זו, יחושב מחיר ביצוע העבודה כאמור בסעיף 54 (2) דלעיל.

תשלומי
עבודה
יומית

(2) ערך החומרים וערך העבודה לצורך סעיף זה ייקבעו ע"י המפקח על יסוד רשימות שניהל הקבלן לשביעות רצונו של המפקח, הכוללות:

(א) כמויות החומרים שהושקעו בעבודה;

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(ב) שמות העובדים, מקצועותיהם, סוגיהם במקצוע, וכן ימי העבודה ושכר העבודה כולל הטבות סוציאליות, ביטוח לאומי ותשלומי חובה אחרים של כל עובד ועובד;

(ג) הוצאות הובלה;

(ד) הוצאות ציוד מכני.

(ה) הוצאות אחרות לפי קבלות.

(3) הרשימות האמורות בסעיף קטן (2) (א) (ג) (ד) ו-(ה) תימסרנה למפקח בשני עותקים בסוף כל שבוע, ורשימות העובדים האמורים בסעיף קטן (2) (ב) תימסרנה למפקח בשני עותקים לאחר כל יום עבודה; אחד ההעתקים מכל רשימה יאושר ע"י המפקח, אם ימצאנו ראוי לאישור ויוחזר לקבלן לשם הגשתו לתשלום החלקי, במסגרת החשבון החלקי.

(4) מחירי החומרים ייקבעו לפי הכללים המפורטים בסעיף 54 (2). לא יילקחו בחשבון תעריפי שכר עבודה העולים על תעריפי שכר העבודה שהונהג מזמן לזמן על ידי האיגוד המקצועי שמארגן בו המספר הגדול ביותר של עובדים במקצוע הנדון בתוספת ההטבות המוכרות ע"י האיגוד המקצועי האמור; תשלומים עבור הטבות סוציאליות המשתלמות על ידי הקבלן יילקחו בחשבון רק במידה ושיעורם אינו עולה על שיעור ההטבות הסוציאליות שהונהגו מזמן לזמן על ידי האיגוד המקצועי שמארגן בו המספר הגדול ביותר של עובדים במקצוע הנדון.

56. (1) הקבלן יגיש למפקח כל חודש רשימה שתפרט את כל תביעותיו לתשלומים נוספים שלא הותנה עליהם, ואשר על פי דעתו הוא זכאי להם עקב ביצוע המבנה, במשך החודש החולף. הרשימה תוגש במסגרת החשבון החלקי.

(2) תביעה שלא הוכללה ברשימת התביעות כאמור בסעיף קטן (1), רואים את הקבלן כאילו ויתר עליה לחלוטין וללא תנאי, פרט אם הודיע הקבלן בכתב, בסוף החודש כאמור, על כוונתו להגיש את התביעה.

(3) לא הגיש הקבלן רשימת תביעות המפרטת את כל תביעותיו לתשלומים נוספים שלא הותנה עליהם, בתוך חודש, לאחר שהודיע על כוונתו להגיש את התביעה, יראו את הקבלן כאילו ויתר על תביעתו לחלוטין וללא תנאי.

(4) שום דבר האמור בסעיף זה לא יגרע מרוחו של סעיף קטן (4) לסעיף 54.

רשימת
תביעות

פרק י"א - מדידות

57. (1) הכמויות הנקובות בכתב הכמויות אינן אלא אומדן בלבד של הכמויות במבנה ובכפוף להוראות חוזה זה ונספחיו, אין לראותן ככמויות שעל הקבלן לבצע למעשה במילוי התחייבויותיו לפי החוזה.

מדידת
כמויות

(2) הכמויות שבוצעו למעשה, לפי החוזה, במסגרת הוראת שינויים, או לצורך תשלומי ביניים תיקבענה על סמך מדידות שתעשה ע"י מודד מוסמך על חשבון הקבלן. במקרה שבו לדעת המפקח העבודות שבהן מדובר אינן מסוג העבודות שניתנות למדידה באמצעות מודד מוסמך (להלן – "המודד"), המדידה תתבצע בהתאם לשיטה המפורטת בכתב

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

הכמויות ו/או על סמך חישובי כמויות שיוגשו על ידי הקבלן ויאושרו על ידי המפקח, הכל לפי העניין. כל המדידות תירשמנה בספר המדידות או ברשימות מיוחדות לכך ותחתמנה על ידי המודד (אם מונה) וכן על-ידי המפקח והקבלן. מובהר למען הסר כל ספק כי המודד יקבל הוראות מאתרים ו/או המפקח בלבד ובכל מקרה לא מהקבלן.

(3) לפני בואו למדוד את המבנה, כולו או מקצתו, שבוצע במסגרת החוזה, הוראות שינויים, או לצורך תשלומי ביניים, בעצמו או באמצעות המודד, ייתן המפקח הודעה מראש לקבלן על כוונתו לעשות כן ועל המועד הרצוי לו, והקבלן מתחייב להיות נוכח במועד הנקוב או לשלוח ממלא מקום לצורך זה ולעזור למפקח או למודד או לבא כוחם לבצע את המדידות הדרושות. הקבלן יספק את כל כוח האדם, הציוד וכל עבודות הלוואי והעזר, הדרושים לביצוע המדידות, על חשבונו הוא. כמו כן, הקבלן ימציא למפקח את כל הפרטים הדרושים בקשר לכך.

(4) לא נוכח הקבלן או ממלא מקומו במועד הנקוב לצורך ביצוע המדידות, רשאי המפקח או המודד או בא כוחם לבצע את המדידות בהעדרם. במקרה זה רואים את המדידות כמדידותיהן הנכונות של הכמויות, והקבלן לא יהא רשאי לערער עליהן. במקרה זה כל ההוצאות הכרוכות בביצוע המדידות יחולו על הקבלן וינוכו מתמורת החוזה. אולם, אם נעדר הקבלן או ממלא מקומו, מסיבה שהניחה את דעת המפקח, ונמסרה על כך הודעה בכתב למפקח לפני המועד שנקבע לביצוע המדידות כאמור, יידחה ביצוע המדידות למועד מאוחר יותר שייקבע כאמור בסעיף קטן (3).

(5) נוכח הקבלן או ממלא מקומו בשעת ביצוע המדידות - רשאי הוא לערער בכתב תוך 7 (שבעה) ימים על כל כמות שנמדדה, והמפקח יקבע מועד לביצוע מדידת הכמות האמורה מחדש. אם גם אחרי המדידה השניה יתגלו ניגודי דעות בין הקבלן לבין המפקח, תכריע בעניין זה אתרים והכרעה תהיה סופית ומחייבת. לצורך ההכרעה, אתרים תהיה רשאית (אך בכל מקרה לא חייבת) למנות מודד מוסמך נוסף לצורך ביצוע מדידה חוזרת, על חשבון הקבלן.

(5) היה המבנה, כולו או מקצתו, מוכן למדידה והקבלן מבקש שתבוצענה המדידות בהקדם - לא ידחה המפקח את ביצוע המדידה אלא אם כן יש לדעתו צורך בדחייה.

(7) על הקבלן לעשות הכל כדי לבצע את המדידות ולהגיש את החישובים הסופיים של הכמויות, בהתאם לתנאי החוזה, סמוך ככל האפשר לגמר ביצוע אותן עבודות, או חלקי עבודות ולא לדחות זאת לגמר ביצוע המבנה, או פרקים מסויימים. כמויות וחישובים סופיים שאושרו ככאלה על ידי המפקח, יצויינו בחשבון חלקי כסופיים.

מדידת הכמויות בחוזה פאושלי תעשה כמפורט בסעיף 57 לעיל רק עבור עבודות אשר הוגדרו מראש במסמכי החוזה "למדידה", וכן עבור עבודות נוספות, תוספות או הפחתות שיבוצעו לפי הוראות המפקח במסגרת שינויים. כמו כן, רשאי המפקח לדרוש מדידות וחישובים מסוג זה, עבור חלקי המבנה, כדי להעריך את החלק היחסי של המבנה לצורך אישור תשלום ביניים, בחשבון חלקי.

מדידת
כמויות
בחוזה פאושלי

57א'.

58. (1) סכום שהוכלל ברשימת הכמויות באורח ארעי גרידא - ותואר בו במפורש כסכום ארעי - לכיסוי הוצאות ביצועו של חלק כלשהו מהמבנה - לא יוכלל בתמורה הנקובה בחוזה; ובאם בוצע חלק נקובים המבנה האמור, יוכלל במסגרת התמורה הנקובה בחוזה ערכו של חלק המבנה האמור, שייקבע בהתאם לחוזה, במקומו של הסכום הארעי הנקוב.

סכומים
ארעיים
ומחירים
של
חומרים

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(2) מחיר יחידה שנקוב בכתב הכמויות, המבוסס על מחירים נקובים (מחירי יסוד) של חומרים מסויימים שיש להשתמש בהם בביצוע היחידה - יוחלף לצורך חישוב התמורה הנקובה בחוזה, במחיר היחידה שיתקבל על ידי הצגת המחירים הממשיים של החומרים האמורים (שנרכשו על ידי הקבלן לפי הוראות המפקח) במקומם של המחירים הנקובים.

(3) הקבלן מתחייב להמציא למפקח לפי דרישתו, כל הצעת מחירים, חשבון, שובר, קבלה וכיו"ב הנוגעים להשפעתם של סכומים ארעיים או מחירים נקובים של חומרים המופיעים בכתב הכמויות, לפי סעיפים קטנים (1), ו-(2) - על חישוב התמורה הנקובה בחוזה.

59. (1) היה לאתרים יסוד סביר להניח, שתמורת החוזה ששולמה או שעומדת להיות משולמת לקבלן מניחה לקבלן רווח מופרז, רשאית אתרים להחליט על עריכת חקירה והקבלן מתחייב להמציא לאתרים, למפקח ולנציגיהם את כל הפנקסים, החשבונות והמסמכים האחרים הנוגעים לחוזה או לביצוע של פעולה של שהיא הכרוכה בביצוע החוזה, וכן לתת כל מידע נוסף, הן בעל פה והן בכתב, שיידרש לביצוע החקירה.

(2) קבעה אתרים כתוצאה מהחקירה כאמור, שלפי שיקול דעתה מניחה תמורת החוזה רווח מופרז - תופחת תמורת החוזה כך שתניח לקבלן רווח הוגן ומתקבל על הדעת בלבד, כפי שייקבע על ידי אתרים והקבלן מתחייב להחזיר לפי דרישה כל סכום שקיבל מעל לתמורת החוזה המופחתת כאמור. כן רשאית אתרים לנכות כל סכום כזה מכל סכום שיגיע לקבלן מאתרים או לגבות אותו בכל דרך אחרת.

(3) לצורך קביעת רווח הוגן ומתקבל על הדעת לפי סעיף זה, יובאו בחשבון הרווחים המקובלים אצל קבלנים אחרים שביצעו מבנים מטעם אתרים בתנאים דומים.

(4) אתרים לא תהא רשאית לצוות על עריכת חקירה לפי סעיף זה, לאחר מתן תעודת סיום החוזה.

פרק י"ב - סיום החוזה או אי המשכת הביצוע

תעודת סיום החוזה 60. (1) בתום תקופת הבדק, תמסור אתרים לקבלן תעודה - להלן: תעודת סיום (ראה מוסף ה' להלן) - המפרשת כי המבנה בוצע והושלם בהתאם לחוזה, וכי כל עבודות הבדק והכרוך בהן בוצעו אף הן בהתאם לחוזה ולשביעות רצונם המלאה של המפקח ואתרים.

(2) מסירת תעודת סיום החוזה לקבלן אינה פוטרת את הקבלן מהתחייבות הנובעת מהחוזה או מהחוק, אשר מטבע הדברים נמשכת היא גם לאחר מועד מסירת התעודה האמורה.

סילוק יד הקבלן מאתר המבנה 61. (1) אתרים תהיה רשאית לתפוס את אתר המבנה ולסלק את ידו של הקבלן ממנו ולהשלים את המבנה, כולו או חלקו, בעצמה או באמצעות קבלן אחר, או בכל דרך אחרת ולהשתמש לשם כך בכל החומרים, הציוד, והמתקנים או בכל חלק מהם, שבאתר המבנה או למכור אותם או כל חלק מהם ולהשתמש בתמורתם לכיסוי כל סכום המגיע לאתרים מהקבלן לפי החוזה - בכל אחד מהמקרים המנויים להלן:

(א) כשהקבלן לא התחיל בביצוע המבנה כולו או חלקו או שהפסיק את ביצועו, ולא ציית תוך 14 (ארבעה עשר) יום להוראה בכתב

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

מהמפקח להתחיל או להמשיך בביצוע המבנה. או כשהקבלן הסתלק מביצוע המבנה, בכל דרך אחרת;

(ב) כשהמפקח סבור שקצב ביצוע המבנה, כולו או חלקו, איטי מידי כדי להבטיח את השלמתו במועד הקבוע בחוזה, או במועד שהוארך להשלמתו והקבלן לא ציית תוך 14 (ארבע עשר) יום להוראה בכתב מהמפקח, לנקוט באמצעים הנזכרים בהוראה שמטרתם להבטיח את השלמת המבנה, כולו או חלקו, במועד הקבוע בחוזה או במועד שהוארך להשלמתו;

(ג) כשיש בידי אתרים הוכחות להנחת דעתה, שהקבלן מתרשל בביצוע החוזה כולו או חלקו, לאחר שהתראה בכתב לקבלן לא נתנה תוצאות רצויות;

(ד) כשהקבלן הסב את החוזה, כולו או מקצתו לאחר, או העסיק קבלן משנה בביצוע המבנה - בלי הסכמת אתרים בכתב ומראש.

(ה) כשהקבלן פשט את הרגל או כשניתן נגדו צו קבלת נכסים או כשעשה סידור עם או לטובת נושיו, ובגוף מאוגד, כשהגוף בפירוק (פרט לפירוק ללא חיסול עסקים, לשם יצירת גוף מאוגד אחר) או בהקפאת הליכים;

(ו) כשיש בידי המנהל הוכחות להנחת דעתו, שהקבלן או אדם אחר בשמו של הקבלן, נתן או הציע לאדם כלשהו שוחד, מענק, דורון או טובת הנאה כלשהי בקשר לחוזה, או לכל דבר הכרוך בביצוע החוזה.

(2) הוצאות השלמת המבנה כאמור ברישא לסעיף קטן (1) יהיו על חשבון הקבלן והוא ישא, בנוסף להוצאות האמורות, בתוספת של 15% (חמישה עשר אחוזים) מהן כתמורה להוצאות ארגוניות.

(3) תפיסת אתר המבנה וסילוק ידו של הקבלן ממנו לפי סעיף קטן (1) אין בהם משום ביטול החוזה על ידי אתרים.

(4) תפסה אתרים את אתר המבנה, בהתאם לסעיף קטן (1), יודיע המפקח בכתב תוך 30 (שלושים) יום על כך לקבלן ויציין בהודעה את הערך המשוער של חלק המבנה שבוצע עד למועד תפיסת אתר המבנה ואת פירוט החומרים, הציוד והמתקנים שהיו באתר המבנה אותה שעה.

דרושה לדעת המפקח תקופה ארוכה יותר לצורך קביעת הערך המשוער של חלק המבנה שבוצע, ופירוט החומרים, הציוד והמתקנים שהיו באתר המבנה במועד התפיסה, יודיע על כך לקבלן בהודעה הנ"ל תוך ציון התקופה הדרושה.

(5) תפסה אתרים את מקום המבנה כאמור בסעיף קטן (1) והיו בו חומרים, ציוד או מתקנים, רשאי המפקח בכל עת שהיא לדרוש מהקבלן בכתב לסלק מאתר המבנה את החומרים, הציוד והמתקנים או כל חלק מהם. לא ציית הקבלן לדרישה זו תוך 14 (ארבעה עשר) יום, רשאית אתרים על חשבון הקבלן לסלקם ממקום המבנה לכל מקום שייראה בעיניה ולא תהא אחראית לכל נזק או אובדן שיגרם להם, והוצאות כל האמור יחולו על הקבלן במלואן. הוראות סעיף קטן זה אינן גורעות מזכותה של אתרים להשתמש בחומרים, בציוד ובמתקנים, או למכרם כאמור בסעיף קטן (1) לעיל.

(6) נתפס אתר המבנה, לא תהיה אתרים חייבת לשלם לקבלן סכום כלשהו בקשר לחוזה, אלא בכפוף לאמור בסעיף קטן (7) להלן.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

(7) עלה אומדן תמורת החוזה שהקבלן היה זוכה בו, אילו היה מבצע את החוזה בשלמותו (להלן - "אומדן תמורת החוזה") על הסכום הכולל של התשלומים החלקיים והאחרים שישולמו לקבלן לפני תפיסת אתר המבנה, של הוצאות השלמת המבנה ובדקו שייקבעו על יסוד חשבונות סופיים, שיאושרו על ידי המפקח, לרבות התוספת האמורה בסעיף קטן (2) ושל פיצויים על נזקים שנגרמו לאתרים מחמת כל דחייה בהשלמת המבנה ומחמת נזקים אחרים - תהא אתרים חייבת בתשלום ההפרש שבין אומדן תמורת החוזה לבין הסכום הכולל כאמור, ובלבד שהפרש זה לא יעלה על הסכום הכולל של ערך אותו חלק מהמבנה שהקבלן ביצע עד למועד תפיסת המבנה על ידי אתרים ושל ערך החומרים, הציוד והמתקנים שנתפסו באתר המבנה ואתרים השתמשה בהם, או שנמכרו על ידה, הכל כפי שייקבע על ידי המפקח.

(8) עלה הסכום הכולל, של התשלומים החלקיים והאחרים ששולמו לקבלן לפני תפיסת אתר המבנה, של הוצאות השלמת המבנה ובדקו שייקבעו על יסוד חשבונות סופיים שיאושרו על ידי המפקח, לרבות התוספת האמורה בסעיף קטן (2), ושל פיצויים על נזקים שנגרמו לאתרים מחמת כל דחייה בהשלמת המבנה ומחמת נזקים אחרים, על אומדן תמורת החוזה, יהיה הקבלן חייב בתשלום ההפרש שבין הסכום הכולל כאמור לבין אומדן תמורת החוזה.

תשלום ההפרש ייעשה מיד לפי דרישת אתרים ויישא הצמדה וריבית ממועד היווצרות החוב, דהיינו מועד התשלום העודף ועד מועד התשלום בפועל.

(9) הוראות סעיף זה באות להוסיף על זכויות אתרים לפי סעיף 36 ולא לגרוע מהן.

62. אתרים רשאית לקזז כנגד כל סכום המגיע ממנה על פי חוזה זה, כל חוב המגיע לה על פי חוזה זה, או על פי כל חוזה אחר שבינה לבין הקבלן וכן כל חוב קצוב אחר המגיע מאתרים לקבלן.
הוראות סעיף זה אינן גורעות מזכותה של אתרים לגבות את החוב האמור בכל דרך אחרת.

קייזו

63. (1) אם יתגלה בכל זמן שהוא שאין אפשרות להמשיך בביצוע המבנה כולו או מקצתו, מפאת מלחמה או כל סיבה אחרת שאין לקבלן שליטה עליה, יפנה הקבלן לאתרים וזו תחליט, לפי שיקול דעתה האם ליתן לקבלן אישור בכתב, כי אין אפשרות להמשיך בביצוע המבנה, כולו או מקצתו, והקבלן ימלא אחר הוראות אתרים בכל הנוגע לאי המשכת ביצוע המבנה כאמור.

אי אפשרות המשכת

ביצוע מבנה

(2) הסכום שישולם לקבלן במקרה של אי אפשרות המשכת ביצוע המבנה לפי סעיף קטן (1) יהיה - ערך העבודה שבוצעה עד לתאריך מתן האישור האמור, בהתאם למחירים והשיעורים הנקובים בכתב הכמויות ובפקודות השינויים.

(3) תשלום הסכום כאמור הוא סילוק סופי של כל תביעות הקבלן, כולל תביעות פיצויים ותביעות עבור הוצאות מיוחדות שנגרמו לו, אם וככל שנגרמו, כאמור.

(4) לא סילק הקבלן את הציוד ומתקני המבנה, כולם או מקצתם, מאתר המבנה או שלא ביצע פעולה אחרת בהתאם להוראות אתרים לפי סעיף קטן (1), רשאית אתרים לבצע את הפעולות האמורות על חשבון הקבלן, בעצמה או בכל דרך אחרת, והקבלן ישא בהוצאות הכרוכות בכך בתוספת של-15% (חמישה עשר אחוזים) שייחשבו כהוצאות ארגוניות.

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

64. הוצאות ביול חוזה זה, אם וככל שחלות, חלות על הקבלן והוא חייב לביילו מייד לאחר חתימתו ולפני חתימת אתרים.

ביול

65. המחירים הנקובים בסעיפי כתב הכמויות, אינם כוללים מס ערך מוסף. אתרים תשלם את מס הערך המוסף כחוק בשיעור הקיים במועד תשלום החשבונות על פי החוזה. על אף האמור לעיל, אחר הקבלן בהגשת חשבונות ביניים ו/או בהגשת החשבון הסופי, או לא הגיש אותו כאמור בחוזה, או לא השלים את ביצוע המבנה כולו או חלקו, תוך התקופה כאמור בחוזה, ולאחר המועד בו היה הקבלן אמור לקבל את התשלום ללא האיחור, הועלה מס הערך המוסף, תשלם אתרים את המס כחוק, אולם ההפרש ינוכה מהתמורה בחוזה או מכל תשלום ביניים בהתאם.

מס ערך
מוסף

.....
חתימת הקבלן וחתימת

.....
אתרים בע"מ

באמצעות מורשי חתימה:

שם החותם: ת"ז

שם החותם:

שם החותם: ת"ז

שם החותם:

תאריך:

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה
מוסף א'

תעודת השלמה

חוזה מס' שנחתם ביום

אל הקבלן:

.....

מאת: "אתרים" בחוף תל-אביב
חברה לפיתוח אתרי תיירות
בת"א-יפו בע"מ

על פי סעיף 49 של התנאים הכלליים - נספח א' לחוזה, אני מאשר בזאת, כי המבנה
בוצע והושלם בהתאם לחוזה, והתקבל על ידי המפקח ואתרים לשביעות רצונם.

תקופת הבדק לפי סעיף 50 של התנאים הכלליים תתחיל ביום

לכל המבנה או לחלקים המפורטים להלן:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

אתרים בע"מ

שם החותם:

תאריך.....

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה
מוסף ב'
נוסח ערבות ביצוע (כולל בדק)
עפ"י סעיף 6א' לחוזה

לכבוד
אתרים בחוף תל-אביב
חברה לפיתוח אתרי תיירות
בת"א-יפו בע"מ
רח' הארבעה 21
תל-אביב

----- תאריך -----

א.נ,

----- הנדון: ערבות בנקאית מס' -----

1. אנו ערבים בזה כלפיכם לתשלום כל סכום עד לסכום כולל שלש"ח
.....
(להלן - "סכום הערבות"), שתדרשו מאת (להלן - "הנערב" או
"החייב"), בקשר לחוזה מס' מיום
- סכום הערבות יהיה צמוד למדד המחירים לצרכן כפי שהוא מתפרסם מפעם לפעם ע"י הלשכה
המרכזית לסטטיסטיקה ולמחקר כלכלי, בתנאי ההצמדה שלהלן:
"המדד היסודי" לענין ערבות זו, יהא מדד חודש שנת
שהתפרסם ב- 15 לחודש שלאחריו (או בסמוך למועד זה), בשיעור נק'."המדד
החדש" לענין ערבות זו, יהא המדד שפורסם לאחרונה וקודם לקבלת דרישתכם על פי ערבות זו.
הפרשי הצמדה לענין ערבות זו יחושבו כדלהלן: אם יתברר כי המדד החדש עלה לעומת המדד
היסודי, יהיו הפרשי ההצמדה - הסכום השווה למכפלת ההפרש בין המדד החדש למדד היסודי
בסכום הדרישה, מחולק במדד היסודי. אם המדד יהיה נמוך מהמדד היסודי, נשלם לכם את
הסכום הנקוב בדרישתכם עד לסכום הערבות, ללא כל הפרשי הצמדה.
2. לפי דרישתכם הראשונה בכתב, לא יאוחר מחמישה עשר ימים מתאריך התקבל דרישתכם על
ידינו לפי כתובתנו המפורטת בכתב ערבות זה, אנו נשלם לכם כל סכום הנקוב בדרישה ובלבד שלא
יעלה על סכום הערבות בתוספת הפרשי הצמדה, מבלי להטיל עליכם חובה להוכיח את דרישתכם
ומבלי שתהיו חייבים לדרוש את התשלום תחילה מאת הנערב.
3. ערבות זו תישאר בתוקפה עד ליום לחודש שנת
(כולל) בלבד ולאחר תאריך זה תהיה בטלה ומבוטלת.
4. כל דרישה על פי ערבות זו צריכה להתקבל על ידינו בכתב לא יאוחר מהתאריך הנ"ל. דרישה בכתב
כאמור בערבות זו, אין פירושה דרישה שתגיע לבנק באמצעות פקסימיליה, טלקס או מברק
ודרישה כזו לא תיחשב כדרישה בהתאם לערבות זו.
5. ערבות זו אינה ניתנת להעברה או להסבה.

בכבוד רב,
בנק
בע"מ
סניף

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

מוסף ג'

צו התחלת העבודה

בהתאם לחוזה בינינו מס. לביצוע

עבודות.....

.....

הינכם מתבקשים להתחיל בביצוע העבודה ביום ולסיימה תוך

דהיינו עד.....

ביצוע העבודה על פי צו זה, יהיה בכפוף לכל תנאי החוזה על כל מסמכיו ונספחיו.

מבלי לגרוע מכל התחייבויותיכם עפ"י החוזה ועפ"י כל דין ברצוננו להדגיש:

א. הינכם אחראים באופן בלעדי לנקיטת כל אמצעי הבטיחות הדרושים בעת ביצוע העבודה, בהתאם לתקנות הבטיחות בעבודה תשט"ו 1955, ו/או בהתאם לתקנות וצווים אחרים בנדון.

ב. עליכם לערוך את כל הביטוחים הנדרשים בהתאם להסכם, ולהמציא את אישור הביטוח בנוסח הזה לנספח אישור קיום הביטוחים המצורף להסכם, כשהוא חתום ע"י המבטחים שלכם, טרם כניסתכם לעבודה.

המפקח על ביצוע העבודה הוא משרד: טל.....

כל העבודות תעשינה בתאום מלא עם הנ"ל.

אנו מאחלים לכם הצלחה בביצוע העבודה.

בכבוד רב,

(-)

מנהל כללי

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

מוסף ד'

נוסח חוזה משולש עפ"י סעיף 32 לתנאים הכלליים

חוזה זה נעשה ונחתם ב- ביום לחודש 199.....

בין

חברת אתרים בחוף תל-אביב
חברה לפיתוח אתרי תיירות
בת"א-יפו בע"מ
(להלן "אתרים")

מצד אחד

ובין

.....

(להלן: "הקבלן" של חוזה מס' מצד שני

ובין

.....

מצד שלישי

(להלן: "קבלן המערכת/המלאכה") לפי חוזה מס'

הואיל וביום נחתם חוזה בין אתרים ובין הקבלן

(להלן: "החוזה הראשי") בדבר ביצוע עבודות המפורטות בחוזה

.....

.....

(להלן: "המבנה"):

והואיל וביום נחתם חוזה בין אתרים ובין קבלן המערכת/המלאכה

(להלן: "חוזה המערכת/המלאכה"), בדבר ביצוע עבודות.....

.....

..... להלן: "העבודות"):

והואיל ושמורה לאתרים הזכות, למסור לקבלן אחר או לקבלנים אחרים, את ביצוע כל, או חלק מהעבודות, שאינן כלולות בחוזה עם הקבלן:

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

והואיל והצדדים מסכימים כי כל החובות והזכויות של הצדדים מפורטות בין היתר בתנאים המיוחדים ובתנאי החוזה הראשי וחוזה המערכת/המלאכה:

אי לזאת הוסכם והוצהר בין הצדדים כדלקמן:

1. המבוא לחוזה זה מהווה חלק בלתי נפרד ממנו.
2. קבלן המערכת/המלאכה מתחייב בזה לבצע את העבודות במומחיות מקצועית מעולה, כאמור בחוזה המערכת/המלאכה על נספחיו, ואתרים מתחייבת לשלם לקבלן המערכת/המלאכה, תמורת הביצוע וההשלמה של העבודות בהתאם להוראות חוזה המערכת/המלאכה, על כל נספחיו.
3. עם חתימת חוזה זה יהיה קבלן המערכת/המלאכה לקבלן משנה של הקבלן, כמפורט בתנאים הכלליים, בסעיפים המתאימים של החוזה הראשי ובסעיפים המקבילים של חוזה המערכת/המלאכה, וכל החובות והזכויות של אתרים לפי חוזה המערכת/המלאכה יועברו אל הקבלן, בכפיפות לאמור בסעיף 4 להלן.
4. למרות האמור בסעיף 3 לעיל, תשלם אתרים לקבלן המערכת/המלאכה את הכספים בהתאם לתנאי חוזה המערכת/המלאכה, וכל ערבות שתינתן לפי הוראות חוזה המערכת/המלאכה, תוצא לטובת אתרים בלבד.
- התשלום לקבלן המערכת/המלאכה כפוף לאישור החשבון על-ידי הקבלן. במקרה של חילוקי דעות יכריע בעניין המפקח, והחלטתו תהיה סופית, מחייבת ומוחלטת.
5. לעניין חוזה זה, כתובות הצדדים תהיינה כדלקמן:

אתרים: רח' הארבעה 21, תל-אביב.

הקבלן:

קבלן המערכת/המלאכה:

6. הוצאות ביול חוזה זה יחולו על הקבלן וקבלן המערכת/המלאכה, שווה בשווה.

ולראייה באו הצדדים על החתום במקום ובתאריך דלעיל באמצעות מורשי חתימה:

אתרים	הקבלן	קבלן המערכת/המלאכה
שם החותם.....	שם החותם.....	שם החותם.....
שם החותם:.....	שם החותם.....	שם החותם.....
כתובת.....	כתובת.....	כתובת:.....
ת"ז.....	ת"ז.....	ת"ז.....
ת"ז.....	ת"ז.....	ת"ז.....
תאריך.....		

חברת אתרים בע"מ - תנאים כללים לחוזה

מוסף ה'

תעודת - סיום

חוזה מס' שנחתם ביום

אל הקבלן

.....

מאת: אתרים בחוף תל-אביב
חברה לפיתוח אתרי תיירות
בת"א-יפו בע"מ

על פי סעיף 60 של התנאים הכללים - נספח א' לחוזה, אני מאשר בזאת כי
במבנה הושלמו כל עבודות הבדק והכרוך בהן והתקבלו על ידי המפקח ואתרים
לשביעות רצונם וכי מולאו כל התנאים בהתאם לחוזה.

תקופת הבדק הנוספת לפי סעיף 50 של התנאים הכללים לגבי עבודות הבדק
תתחיל ביום

.....
אתרים בע"מ

.....
שם החותם

..... תאריך

מכרז פומבי מספר 16/2022 תכנון

והקמת הגנה

ימית רד להגנה ימית על מצוק חוף

הצוק

מפרט טכני

2022 פברואר

- 00.02. חברת אתרים מעוניינת לבצע מבנה ימי רך אשר יהווה הגנה ימית לקו החוף באזור תאי שטח 25,26 בחזית חוף הצוק בתל אביב במסגרת אחריותה של העירייה לטפל בהגנות הימיות על מצוק הכורכר בחופי תל אביב. מתוקף הפתרונות המותרים בתמ"א 9/13/א החליטה להקים מבנה ימי רך באמצעות שקי חול ארוכים מבד גיאוטכני (long geotextile sandbags), המהווים הגנה מפני אנרגיית הגלים וזאת לצורך הגנה פיסית רכה על מצוק הכורכר, והכל כמפורט בהרחבה במפרט הזה (להלן: "גיאוטיוב מטובע").
- 00.03. בתוך כך, החברה מזמינה בזאת מציעים ליתן בידה הצעות לתכנון וביצוע הפרויקט, וזאת בהתאם להוראות המכרז, נספחיו וצורפותיו.
- 00.04. הפרויקט מחולק לשלבי ביצוע שונים בהתאם לדרישות הפרויקט. על כן, מובהר ומודגש כי לחברה, על פי שיקול דעתה הבלעדי, הזכות לבחור או שלא לבחור במציע אחד /או מספר מציעים בכדי לבצע את העבודה בכללותה ו/או כל שלב משלבי הפרויקט. כמו כן, החברה שומרת לעצמה אה הזכות שלא לבצע את הפרויקט כלל או לבצע אה הפרויקט בכללותו או באופן חלקי, אבל על פי שיקול דעתה הבלעדי, והמציעים מצהירים כי הם מודעים לכך וכי לא תהיה להם ולמציע הזכות לטעון כלפי החברה והחברה לא תאשר את הפרויקט בכללותו או תאשר את הפרויקט באופן מלא או חלקי.

רקע

- 00.05. מישור החוף בישראל באורך 190 ק"מ, כולל כחגורה ארוכה של 45 ק"מ של "צוקים" (כלומר רכסים) שגובהם 10 מ' משתרעת לאורך קטע חוף בין העיירות תל-אביב וחדרה .
- 00.06. כשליש מקטע זה מורכב משטחים בנויים, אתרים עירוניים וכפריים, ארכיאולוגיים, כמו גם אזורים המיועדים לפרויקטים עתידיים של בנייה ומלונות, ואילו שני שלישים הנותרים מורכבים מאזורי רכס הסמוכים לשמורות טבע, אזורי צבא, שטחים פתוחים ו שדות חקלאיים.
- 00.07. חלקים מסוימים מרצועת הצוק לעיל מועדים לשחיקת צוקים. הם נובעים בעיקר מתהליכי בליה טבעיים המופעלים על ידי שילוב של גורמים שונים, כולל: שחיקת גלים בבסיס הרכס, חוסר יציבות במדרון הרכס, סחף נגרר.
- 00.08. בין קטעי הצוק החופים המושפעים מתהליכים אלה ניתן לציין את המיקומים הבאים :
תל אביב, הרצליה, נתניה, השרון, חדרה ובת ים, ועוד.
- 00.09. בהתייחס לנושא הנ"ל, החלטת ממשלת ישראל 3097 מיום 3.4.2011, לאחר ייעוץ של צוות בין-משרד.

תיאור כללי

00.010. תיאור קטע הפרויקט וסביבתו :

- הפרויקט מתוכנן להקמה בחזית חוף הצוק תל אביב . חוף זה מתאפיין בפעילות לאורך כל חודשי השנה ומושך אליו היקף רחב של ציבור ביו הקהילות העושות שימוש בחוף, יש להגדיר את קהילת הגולשים, קהילת השחינים וציבור רחב העושה שימוש תכולת הפרויקט: הפרויקט הינו מסוג תכנון וביצוע, וכולל את התכולות העיקריות להן :
 - תכנון ואישור ע"י הקבלן, בתחום זה כלול הגשה ואישור של היתר להקמת המתקן, תכנון ואישור מקור והליך מילוי החול בגיאוטיובים (כחלק ממסמכי ההיתר יידרש לאשר את פוליון הכרייה המתוכנן וסימון אזורי ההתארגנות ככל שיידרשו), תכנון מידות מזרון ההנחה כולל הרכב הבד ופתחי המילוי, הרכב הבד הגיאוטכני עצמו ופתחי המילוי.
- 00.011. הקמת המתקן באורך מתוכנן של כ- 900 מ' מבנה שובר גלים. מסירת המתקן למזמין יישום שנה אחת בדק הפעלת תקופת תחזוקה של שלוש שנים ובתום תקופת אחזקה יש אופציה לשנתיים נוספות (2) שנות תחזוקה לפי מפורט במפרט תחזוקה .

00.012. תוואי הנחת גיאומטריים במפלס קרקעית הים לא גבוה ממפלס 4.5- (מינוס 4.5) מטר

ממפלס ± 0.00

00.013. יש לתכנן הפעילות בים תוך לקיחת בחשבון שחופים המוכרזים יהיו פעילים. הקבלן יידרש לתכנן, לאשר ולספק על חשבונו את כלל אביזרי הבטיחות אשר יידרשו לשמירה על שלומם של המשתמשים בסביבה החופית והימית של הפרויקט.

01. השירותים הנדרשים מהזוכה במכרז הם כדלקמן:

01.01 תכנון ביצוע, Design Build

- הקבלן נדרש לבצע את כל השלמות התכנון הנדרשות לצורך ביצוע כלל עבודות הפרויקט ובהתאם לדרישות מסמכי החוזה וכל דין ("עבודות התכנון").
- התכנון של הקבלן יעשה על ידי מתכננים מטעם הקבלן אשר הינם מהנדסים מומחים ורשויים ככול שנדרש בתחום התכנון עליו הם מופקדים במכרז זה, ולאחר אישורם של המתכננים.
- עבודתו/ם של המתכנן/נים תלווה בחישובים הנדרשים, מפרטים, סימולציות, מודלים, דוחות ותוכניות לביצוע, כולם חתומים על-ידי המתכננים הנ"ל.
- הקבלן יפעיל את המתכננים מטעמו לביצוע פיקוח עליון על פי כל דין, ועל פי התקדמות העבודה בפועל והנושאים שעליהם המתכנן אמור להתייחס אליהם במהלך העבודות ולכל הפחות אחת לחודש במהלך ביצוע העבודות הרלוונטיות למתכנן ועל פי דרישות חוזה זה. הפיקוח העליון במהלך הביצוע יכלול סיור באתרי הייצור והביצוע והפקת דו"חות פיקוח עליון בהתאמה.
- תדירות הפיקוח העליון לא תפחת מפעם אחת בחודש כולל הפקת הדו"ח כאמור לעיל. תדירות זו היא לכל מתכנן בנפרד כך שהקבלן יידרש להבטיח כי כל מתכנן יבצע לפחות פעם אחת בחודש סיור פיקוח עליון בעבודות שתוכננו על ידו, ולהפיק דו"ח פיקוח עליון בהתאם. בנוסף לאמור לעיל, ככל שיידרש בתקופות שיא של הביצוע ו/או בביצוע במספר אתרים במקביל יידרש הקבלן להבטיח כי המתכננים יבצעו פיקוח עליון בתדירות של אחת לשבועיים לכל הפחות, על פי דרישת המזמין. השירותים נשוא המכרז אותם נדרש הזוכה במכרז לבצע מתחלקים לשלושה שלבים:

01.02 הכנת תכנון מפורט ומסמכים הנדרשים לצורך הוצאת היתר בנייה.

יובהר, כי התכנון של הקבלן יתבסס על תוצאות המודלים הראשוניים (להלן: "שלב א'"); מובהר כי שלב זה מותנה בתוצאות המודלים הראשוניים אשר בוצעו על ידי המזמין והתקבלו על ידי מגיש הצעה בזמן המכרז.

ידוע לקבלן ללא קבלת תוצאות המודלים הראשוניים, חוות דעת הג"ס, אישור וולחוי"ף היתר הבנייה, החברה לא תאשר את ביצוע הפרויקט ולא תוציא לקבלן צו תחילת עבודה לביצוע, ולקבלן לא תהיה כל טענה בשל ביטול זכייתו במכרז. כאמור להלן שירותי התכנון הנדרשים לביצוע על ידי הקבלן וכלולים בהצעתו הכספית:

01.02.01 הגשה ואישור של היתר להקמת המתקן, הקבלן אחראי לקבלת ההיתר לרבות חתימות נדרשות על מסמכי ההיתר על ידי גורם מורשה מטעמו, כולל גם אישור ליציבות המתקן. על הקבלן לקחת בחשבון שבמידה והוא יבחר להעסיק מתכנן ימי זר הנ"ל אינו מסיר מאחריותו להפעיל גורם מוסמך מטעמו ועל חשבונו לחתימות הנדרשות בהליך הוצאת ההיתר.

01.02.02 תכנון ואישור מקור והליך מילוי החול בגיאו טיובים (כחלק ממסמכי ההיתר יידרש לאשר את פוליון הכרייה המתוכנן וסימון אזורי ההתארגנות ככל שיידרשו), תכנון מידות מזרון ההנחה כולל הרכב הבד ופתחי המילוי, תכנון הרכב הבד לגיאו טיוב עצמו ופתחי המילוי ותכנון מידות של גיאו טיוב ומזרון

01.03 ביצוע- הנחה והתקנה של הגיאו טיוב כמפורט בהרחבה במפרט הזה להלן: "שלב ב'"; מובהר כי שלב זה מותנה בקבלת היתר בנייה. השלב כולל בין יתר תקופת בדק של שנה אחת.

01.04 ביצוע "שלב ג'" - אחזקת המבנה גיאומטריים לאורך 3 (שלוש) שנים. התהליך מתואר בהמשך המפרט.

01.05 יודגש, כי המזמין שומר לעצמו את הזכות הבלעדית לקבוע אם להתקשר עם המציע הזוכה במכרז לביצוע כל השלבים המנויים לעיל ו/או לביצוע של חלק מהשלבים. כמו כן, שומר המזמין על זכותו לקבוע אם לבצע את כל השלבים או כל חלק מהם.

02. תחומי תכנון ע"י הקבלן הזוכה ותנאי שטח

לצורך קידום הפרויקט ביצע המזמין תכנון הנדסי מוקדם שכלל גם הרצת מודלים ימיים הראשוניים, המזמין ימסור את החומרים שבידיו לקבלן הזוכה. הקבלן הזוכה ידרש לעשות שימוש בחומר, הדבר מעיד כי הינו לוקח אחריות מלאה על מוצרי התכנון תוך הסרת כל אחריות מהמזמין והמתכנן וכל נציגיו הנוספים. כמו כן, במקרה בו נדרש הקבלן הזוכה לבצע בעצמו בדיקות/סקרים/מודלים/ מדידות/ תכנון וכו', הקבלן אינו רשאי להציג את תוצרי התכנון של המזמין כתכנון. כפי שפורט, הקבלן שייבחר לא יקבל אחריות על תוצרי התכנון תפסל זכייתו במכרז.

02.01 חומרים ועבודה

02.02 על המציע במכרז לערוך בירורים לשביעות רצונו בנוגע למלאי כל החומרים וכלי העבודה הנדרשים לביצוע העבודות, אמצעי השגתם, שינועם, המסים, התשלומים, העבודה, הדרישות הסטטוטוריות, דלק, מים, אספקת חשמל לתאורה וכוח, עלויות כ"א וכל עלות אחרת הנדרשת לצורך ביצוע העבודות נשוא המכרז, לרבות אספקת חול.

02.03 יובהר, כי אספקת החול הנדרשת למילוי הגיאו טיוב הינה באחריות הקבלן, והוא מחויב לדאוג למקור החול והקבלת ההיתרים הנדרשים עבור אותו החול. באחריות המציע הזוכה לחפור את החול ממקום היעד שיאושר על ידי משרד להגנת הסביבה ושינועו אל אתר העבודות לצורך מילוי שקי הגיאו טיוב. יובהר כי עלויות החפירה והשינוע של החול הינם על חשבונו של הקבלן בלבד.

02.04 בד גיאוטקסטיל הנדרש לשימוש בפרויקט יהיה שילוב לפחות 2 סוגי בדים ארוג ולא ארוג.

אורך החיים של בד הגיאוטקסטיל לא יופחת מ 40 שנה. יש לתכנן מבנה לפחות ל 25 שנת קיום.

02.05 המבנה יכלול שני (2) שורות מקבילות של שקי גיאוטקסטיל לאורך כללי של 900 מטר.

02.06 כל שורת שקים מבד גיאוטקסטיל, יכלול שקים בודדים באורך בין 25 עד 40 מטר כל אחד.

02.07 למניעת זחילות/שקיעות/ארוזיה של גיאומטריים, מומלץ, לפי צורך, להשתמש במזרונים בד גיאוטקסטיל נוספים מונחים בתחתית תוואי המבנה.

02.08 שכבה חיצונית של הגיאומטריים חייבת להיות עמידה מפני פגיעות מכניות כלשהן כגון: חיתוך, דקירה, נגיעת כלי שייט וכו'. על הקבלן ללמוד הנושא ולהציא פתרון המעשי ביותר, על מנת להבטיח קיום המבנה לאורך הזמן ללא קריסות.

02.09 על הקבלן לקחת בחשבון גרנולומטריה באזור השאלת חול למילוי גיאומטריים. לפי נתונים שבידי מזמין גודל הגרגיר היינו 120 עד 200 μm . בכל מקרה יהיה על הקבלן לבצע נטילות ובדיקות חול, באזור מקורות/אספקת חול שתאושר בהיתר הג"ס.

02.010 מבלי לגרוע מהוראות החוזה, על הקבלן לנקוט באמצעי סימון ברורים, הן במבנה גיאומטריים, הן של הציוד הימי והן של כל העבודות המבוצעות על ידו בים. לשם כך יכין הקבלן תכנית סימון באמצעות מצופים, תאורת סימון וכד', אשר תועבר לאישור רספ"ן.

02.011 לא תותר תחילת העבודות בטרם אושרה התכנית כאמור לעיל והקבלן הציב את כל אביזרי הסימון במהתאם לתנאי הישור במלואם. מצופי הסימון יהיו מטיפוס "נציב" (Pillar type), Sentinel SB-138 P ו-SB-285 P, תוצרת Tideland Signal Ltd/ England, או שווה ערך. כל פים יהיו מצוידים בנורה בצבע לבן, תדירות הבהוב של 2 שניות ומצוידים בהטיית מכ"ם. הקבלן יספק, יתקין ויתחזק את המצופים במשך כל תקופת הביצוע, שנת בדק ושלוש שנים תחזוקה. מצופי סימון תשרינה במקומם לאחר סיום הפרויקט כולל שנת בדק ושלוש שנים תחזוקה.

הקבלן יחזיק באתר לפחות מצוף חלופי אחד, כך שבמידה ומצוף נעלם ו/או אינו תקין, יהיה באפשרותו לבצע החלפת המצוף לא יאוחר מ- 48 שעות מקבלת הוראת המנה"פ.

- התקנת המצופים היא באחריותו הבלעדית של הקבלן והוא יבצע אותה במילוי מלא וקפדני של הוראות היצרן ו/או חוברת הדרכה.
- התקנת המצופים תהיה בהתאם לשלבי הביצוע, כפי שיוצע ע"י הקבלן ויאושר ע"י מנה"פ. בכל מקרה מספר ומיקום המצופים כפוף לאישור נציג חיל הים.
- מיקום המצופים ייקבע בעזרת מערכת DGPS ודיוק המיקום יהיה ± 5 מטר.
- כמות המצופים יקבע ע"י רספ"ן אך לא יופחת ממצוף אחת (1) לכל 300 מטר לאורך המבנה גיאומטריים.
- 02.012 הקבלן יהיה רשאי להתחיל בעבודות רק לאחר הצבת מצופי הסימון ואישורן ע"י הרשויות המוסמכות.
- 02.013 **לא ישולם לקבלן שום תמורה בניפרד הן עבור מצופי סימון זמניים הן לתקופת הביצוע והן לתקופת בדק והן לתקופת התחזוקה, מחיר פרויקט יכלול כל ההוצאות לכך.**
- חברת אתרים / עריית ת"א - יפו ראה מצופים קבועים כרכוש שלו לאחר סיום תקופת תחזוקה..**

03. בדיקת התנאים הפיזיים באתר

- 03.01 על המציע במכרז לבקר באתר העבודות ולהשיג באופן עצמאי את כל המידע הנדרש למתן השירותים הנדרשים לצורך הגשת המכרז ולצורך חתימה על ההסכם, וזאת מבלי להסתמך על כל מידע שיספק המזמין הן טרם והן במהלך ביצוע הפרויקט ושלבו.
- 03.02 הימנעות מבדיקה יסודית של האתר או של ההוראות לעיל לא תפטור את המציע
- 03.03 מכל אחריות להערכה נכונה של קשיים אפשריים הנוגעים להצלחת תכנון וביצוע העבודות נשוא המכרז ו/או בנוגע לעלויות הנובעות מכך, ולא יזכה את הקבלן בכל תמורה מעבר לתמורה המבוקשת.
- 03.04 על המציע לערוך בדיקות ובירורים מקומיים ועצמאיים בנוגע לתנאים הפיזיים השוררים באתר העבודות ולבצע בעצמו בדיקות מקדימות והתייעצויות עם בעלי מקצוע ככל הנדרש על מנת להעריך את היכולות שלו לבצע את העבודות נשוא המכרז וכן לצורך הכנת ההצעה.

04 לוח זמנים בפרויקט

- 04.01 לוח הזמנים לביצוע הפרויקט נשוא המכרז הינו לוח זמנים קצוב והמציע הזוכה יתחייב להתחיל בביצוע העבודות במועד שייקבע בצו התחלת עבודה, להתקדם בביצוע הפרויקט ולהשלימו באופן שוטף ורצוף, בהתאם לשלבי הפרויקט וללוח הזמנים הקבוע בשל חשיבות השלמת השלבים השונים במועד, מובהר כי לא תתאפשר כל סטייה מלוחות זמנים אלו, הכל כמפורט במסמכי המכרז ובהסכם.
- 04.02 המציע יידרש להצהיר ולהתחייב, כי לא תהא לו כל טענה ו/או תביעה ו/או דרישה בקשר עם עיכובים במועד תחילת העבודות ו/או במהלך ביצועם, בין אם העיכובים תלויים במזמין ובין אם לאו. כן יידרש המציע להצהיר ולהתחייב, כי לא תהא לו כל טענה ו/או תביעה ו/או דרישה במקרה של ביטול ביצוע העבודה כולה ו/או מקצתה ו/או מתן העבודות נשוא מכרז זה לגורם נוסף או אחר.

05 הוראות כלליות

- 05.01 על המציע לבחון להנחת דעתו את מסמכי המכרז וההסכם בכל הנוגע לסיכונים, למחויבויות ולאחריות הנדרשים ממנו במסגרת המכרז, נספחיו וצורפותיו. יובהר, כי על המציע טרם הגשת הצעתו לערוך באופן עצמאי בדיקות יסודיות בנוגע לעבודות, אספקת החומרים והכלים הנדרשים לביצוע העבודות נשוא המכרז, כמו כן, עליו לבדוק את התנאים הקיימים באתר העבודות, וכן כל מידע אחר שעלול להשפיע, בכל דרך שהיא, על היקף העבודות, תכולת העבודה, עלויותיהן, הסיכונים או המחויבויות שיחולו על המציע במכרז ככל שיזכה במכרז.
- 05.02 המציע יהיה אחראי לכך שכל הציווד הנדרש במכרז זה לצורך ביצוע העבודות יעמוד בדרישות המבוקשות במסמכי המכרז במשך כל תקופת ההתקשרות.
- 05.03 לפני הגשת הצעתו, ילמד המציע היטב את כל התוכניות והמפרטים המצורפים למסמכי המכרז, יכיר את סביבת אתר העבודות והמיקומים בהם תבוצע העבודה, דרכי הגישה ותנאי המקום המיוחדים ככל שישנם העלולים להשפיע על הביצוע.
- 05.04 על המציע לבדוק באופן עצמאי את כל ההשלכות הכלכליות והפרוצדוראליות בתחום הייבוא והמכס של חומרים שישמשו אותו בביצוע העבודות נשוא המכרז, ולהתחשב בהם במתן הצעת המחיר במכרז.

05.05 מובהר בזאת כי קבלת התשלום ומועדו יהיה בהתאם לנקוב בהסכם. למציע לא תהיה טענה ו/או דרישה ו/או תביעה בהקשר לכך.

05.06 החברה רשאית, מנימוקים שירשמו, להורות על תיקון של פגם שנפל בהצעה או להימנע מלהורות על כך, וזאת אם מצאה כי אין בכך כדי לפגוע בשוויון בין המציעים ו/או אם מצאה כי החלטה זו משרתת באופן המרבי את טובת הציבור ואת תכליתו של מכרז זה.

05.07 ניקוי האתר

מבלי לגרוע מהוראות החוזה ובנוסף, הקבלן אחראי לכך שבמשך כל תקופת עבודתו תהיה קרקעית הים לאורך התחום החיצוני של אתר העבודה שלו נקייה. פעולות ניקוי יתואמו עם המנהל פרויקט ויהיו על חשבון הקבלן. ככלל, אסור לשפוך כל פסולת או אשפה לים ויש לסלקה לאתר הטמנה מורשה. בגמר העבודה ינוקה כל השטח היבשתי והימי לשביעות רצונו של מנהל הפרויקט. הקבלן יבדוק את קרקעית הים לאורך שוברי הגלים ויוודא שלא נשארו כלים וחומרים או ציוד העלולים לגרום נזק למתרחצים או כל נזק אחר. כל הנ"ל ייעשה ע"י הקבלן ועל חשבון.

05.08 הגנה ושמירה על חלקי מבנה מבוצעים

הקבלן אחראי להגנה על כל חלק מבוצע ולשם כך, ינקוט בכל האמצעים הדרושים מכל סוג שהוא ועל חשבון

05.09 סיור מסירה ופרוטוקול מסירה

עם פניית הקבלן בבקשה למסור את הפרויקט ולאחר אישור המנהל כי המסמכים הדרושים למסירת הפרויקט הוגשו במלואם, יתאם המנהל סיור מסירה ראשוני. סיור המסירה יתקיים בנוכחות המנהל, נציג המזמין, המתכנן, מנהל הפרויקט מעטם הקבלן, מנהל בקרת האיכות מטעם הקבלן וכן נציגים של הרשויות הרלוונטיות ככול שיידרש. לאחר סיור המסירה, יוציא המנהל פרוטוקול מסירה ובו דרישות לתיקון ליקויים ככול שימצאו. מיד לאחר קבלת פרוטוקול המסירה, יפעל הקבלן לתיקון כל הליקויים ללא דיוחי. עם השלמת התיקונים לשביעות רצון המנהל והמזמין, יתאם המנהל סיור מסירה סופי. מודגש בזאת שלא תקבל חב' אתרים מבנה גיאומטריים בחלקים (לא מושלם לפי דרישות הפרויקט). קבלן ימסר מבנה בשלמותו בלבד. (900 מטר).

06. תכנית עבודה מפורטת METHOD STATEMENT

06.01 תוך 14 יום ממועד צו התחלת הביצוע (אלא אם נאמר במפורש אחרת) יגיש הקבלן למנהל תכנית עבודה מפורטת הכוללת בין היתר תכנית התארגנות, תכנית עבודה, הסדרי נמל העבודה (עם קיים) ותכנית בטיחות על פי שלבי הביצוע

הנדרשים למיניהם תכלול בין היתר, את המרכיבים הבאים:

06.02 סקר סיכונים;

06.03 מיפוי סיכונים מפורט ופעולות מנע תואמות;

06.04 מתן מענה המתאים לאילוצי לוחות הזמנים, אילוצי שלבי ביצוע, ואילוצי ביצוע באזור הים.

06.05 תכנית העבודה, כפי שתאושר על ידי המנהל, תהיה מסמך המחייב את הקבלן. הקבלן אינו רשאי להתחיל בעבודות באתר טרם קבלת אישור המנהל לתכנית העבודה. המנהל רשאי לדרוש עריכת שינויים לשם התאמת תכנית העבודה בכל שלב שהוא לצורכי קידום השלמת הפרויקט. התאמות

אלו ככל שיבוצעו מחייבות את הקבלן. עבודת הקבלן תבוצע רק על פי התכנית שאושרה על ידי המנהל.

06.06 נאמר במפורש אחרת יגיש הקבלן למנהל תכנית עבודה מפורטת הכוללת בין היתר תכנית התארגנות, תכנית עבודה ותכנית בטיחות על פי שלבי הביצוע הנדרשים במסמכי המכרז.

06.07 התכנית תכלול בין היתר את הפרקים הבאים:

תיאור העבודות ושלבי הביצוע

תרשים ארגוני

רשימת ציוד מפורטת כולל התייחסות לקצב הביצוע הנדרש עפ"י לוחות הזמנים החוזיים ומקור הציוד המיועד.

תכנון שרשרת אספקה כולל תזרים מפורט

תכנית בקרת איכות כולל תכנית בדיקות מפורטת

לוח זמנים מפורט (גאנט),

תכנית ההתארגנות שתכלול בין היתר, את המרכיבים הבאים:

סימון הגידור;

מקומות האחסון;

משרדי האתר;

דרכים זמניות;

נקודות כניסה לאתר ויציאה ממנו;

גידור שטחי פעילות;

גידור בטיחות לכבישים;

מיקום מרחבים מוגנים.

הגשה לאישור של תוכנית מפורטת של מבנים זמניים.

פירוט הסדרי תנועה זמניים לכל שלבי הביצוע כמפורט להלן, וכן כל פרט אחר שידרש במפרט

הטכני המיוחד ועל ידי הרשויות הרלוונטיות והרשויות שצריכות ליתן אישור לתכנית.

06.08 מבנה ותכנית הבטיחות באתר תתן מענה לנקודות החיכוך עם הנופשים בשל שינוע החומרים.

תכנית העבודה, כפי שתאושר על ידי המנהל, תהיה מסמך המחייב את הקבלן. הקבלן אינו רשאי להתחיל

בעבודות באתר טרם קבלת אישור המנהל לתכנית העבודה. המנהל רשאי לדרוש עריכת שינויים לשם התאמת

תכנית העבודה בכל שלב שהוא לצורכי קידום השלמת הפרויקט. התאמות אלו ככל שיבוצעו מחייבות את

הקבלן. עבודת הקבלן תבוצע רק על פי התכנית שאושרה על ידי המנהל.

07. יומן עבודה

הקבלן ינהל כל יום יומן עבודה על פי הנהלים והפורמט של המזמין. בין השאר יפרט הקבלן:

שם הקבלן.

מס' הפרויקט.

מס' יומן עבודה.

תאריך, יום עבודה ושעות עבודה.

מזג אוויר.

כלים באתר.

מס' וסוגי עובדים באתר.

עבודות שבוצעו בציון מדויק של כמויות האספקה והשינוע בכול יום

אירועים באתר העבודות.

הוראות מנהל.

ליקויי ביצוע/בטיחות וכדומה.

מפרט טכני המיוחד

08. מרחב מוגן

על הקבלן יש לספק בכל אתר העבודה הן בים והן בנמל העבודה (עם קיים) מרחב מוגן, בהתאם לכמות האנשים הנמצאים באותו אתר. לא ישולם לקבלן בנפרד עבור שרות זה בנפרד.

09. צילומים והקמת והפעלת מצלמות ניטור קו החוף

הקבלן יעמיד לרשות המנהל שירותים של צלם מקצועי, המתמחה בצילום עבודות הנדסיות. הצלם יזמן מדי חודש לסדרת צילומים שיכללו, בין היתר צילומים שיבוצעו באמצעות רחפן. הזמנת כל אחת מסדרת הצילומים תהיה בכתב ותירשם ביומן העבודה.

הקבלן יעביר למנהל הקבצים של כל הצילומים על גבי אחסון נייד.

הצילומים לא יימדדו בנפרד והן כלולים במחירי היחידה השונים שבכתב הכמויות. (דרישות מפורטות מטה)

10. מצלמות לניטור קו החוף

בשני מקומות כמתואר בתוכנית או כפי שיקבע המנהל בכתב, תותקנה מצלמות דוס\כיפה PTZF, על גבי עמוד פלדה בגובה של ארבעה מטר או אחר, הנדרש לכיסוי אורך חוף של 0.5 ק"מ. הקבלן יתכן יסוד העמוד בהתחשב בתנאי הים, עומק חתירה וכי כד שיציבותו תובטח במהלך כל תקופת הביצוע. תכנון היסוד והעמוד טעון אישור המנהל. המצלמות יהיו כמוגדר בסעיפים להלן.

המצלמות יקושרו ברשת האלחוטית (סלולארי או FI-WI), ויחוברו POE.

במערכת ניהול הוידאו ניתן יהיה לקבוע מראש זמני הקלטה ומשך הקלטה, לדוגמא כל יום בשעה 12.00 למשך 2 דקות.

מצלמות לניטור קו החוף, התקנתן, תפעולם ואחזקתן על ידי הקבלן במהלך כל הפרויקט ויכללו בין היתר את הובלתן, הרכבתן, תחזוקתן ו/או החלפתן, כל הציוד ההיקפי הדרוש כגון מחשב, מסכים וכי, כו אדם לתפעול, תחזוקה ועיבוד נתונים וכל הוצאה אחרת הדרושה להעברת המידע למזמין לשביעות רצונו של המנהל. לא תשולם עבודה זו בנפרד אלא יכלל בסיפי החוזה אחרים

11. דרישות טכניות מהמצלמות

המצלמות יהיו בתצורת דום, מפקדות PTZF ויותקנו עם זרועות והתקנים מכאניים כנדרש.

המצלמות יאפשרו ניהוג גם ידני וגם ניהוג במסלולים וקפיצות מוגדרים מראש.

המצלמות יכללו לפחות 60 מצבי PRESET שיוגדרו במערכת ניהול הוידאו.

לכל מצלמה יקבע מצב צפייה ראשוני המוגדר כמצב "אפס". המצלמה תחזור למצב זה במידה ולא הופעלה פקודת תנועה אחרת במשך לפחות 20 שניות.

המצלמות יהיו מסוג יום/לילה. ביום יפעלו בצבע. במצב לילה (תאורה מתחת לעוצמה של 0.1 לוקס) יועברו המצלמות אוטומאטית לעבודה במצב שחור/לבן.

המצלמות יהיו בעלות תכונות שלהלן:

רגישות לתאורה נמוכה של לפחות 0.1 לוקס (תמונת ווידאו IRE50Q).

בעלות תחום דינאמי רחב: W.D.R. לצורך הסתגלות לתנאי תאורה משתנים באתר.

מצב עבודה עם פנסי לדים 110' בתחום 840 עד 880 ננו מטר.

IP ברזולוציה מינימאלית (VGA) ש"ע ל (D1).

אות וידאו צבע, 50 שדות לשנייה, שיזור INTERLACE 2:1.

הזנת מתח למצלמות, ב POE או POE+.

ללא עיוותים גיאומטריים.

יחס אות לרעש: 50dB או טוב יותר.

איזון לובן (White Balance) אוטומטי.

מפרט טכני המיוחד

פיצוי תאורת רקע.

תריס אלקטרוני, מהירויות משתנות עד SEC 1/10000 לפחות. כולל מניעת סינוור בקרת הגבר אוטומאטי או ידני (בחירה)

ZOOM אופטי X 36 לפחות.

צידוד רציף 360° . מהירות צידוד מרבית לפחות 90 מעלות בשנייה.

הגבהה רציפה. זווית הנמכה 90 - מעלות.

פוקוס אוטומטי עם אפשרות עקיפה.

מהירות צידוד - בניהוג רגיל מ 0.1 ועד לפחות 90 מעלות בשנייה, במעבר אל PRESET לפחות $200^{\circ}/\text{sec}$.

כניסת התרעה לפחות 4, ויציאת פיקוד לפחות אחת.

טמפרטורת פעולה: $50^{\circ}\text{C} + / -10^{\circ}\text{C}$. בתנאי חוץ קרובים לים.

12. דרישות ממערכת ניהול וידאו

מערכת ניהול הוידאו תעמוד בדרישות הבאות:

התוכנה והאחסון יותקנו בשרת/מחשב העונה לדרישות המערכת הנדרשת.

כל המצלמות יתחברו אל שרת במרכז המערכת לניהול תצוגה, הקלטה, פיקוד, ותחקור וידאו.

נדרשת תוכנת ניהול וידאו של חברת DVTEL - הגרסה הרשמית האחרונה.

המערכת תהייה מודולארית ותוכל לנהל שתי מצלמות כנדרש.

מסכי הניהול הגדרה יהיו בעברית.

ההקלטה תתבצע בדחיסה H.264 ותאפשר שמירת המידע המוקלט לכל מצלמה, בקצב של 12.5fps, ברזולוציה המרבית

למצלמות IP, זאת במשך 14 יממות - 336 שעות הקלטה. החברה תציג חישוב של נפח הזיכרון הנדרש והמוצע בהצעה.

ניתן יהיה להגדיר באתר קצבים אחרים, ורזולוציות אחרות לכל מצלמה.

תתאפשר הקלטה והצגה בו זמנית של אותות הוידאו, על המסכים כאמור לעיל.

המערכת תכלול חיבורים שיאפשרו העברת הוידאו, בזמן אמיתי והוידאו המוקלט אל רשת תקשורת חיצונית של

המזמין.

בנוסף לתמונה יוקלט גם זמן ההקלטה (תאריך ושעה) תוך הצגת מספר המצלמה.

תצוגת תמונות הוידאו תתבצע במסכי התצוגה, על מסך מלא, ניתן יהיה להציג שתי תמונות בו זמנית.

כל תמונה ניתן יהיה להציג גם במסך מלא בגודל 65", המורכב בחדר הישיבות באתר.

לכל מצלמה ניתן יהיה לקבוע לפחות 20 מצבי פריסט, וזמן שהייה בכל פריסט של 10 עד 30 שניות, ומעבר אוטומאטי

בין פריסטים שיוגדרו.

ניתן יהיה להגדיר לכל מצלמה (המצלמות לשלב הבנייה), זמנים ומשך הקלטה. ולהפיק קובץ שניתן יהיה להציג

במחשב אחר בפורמט סטנדרטי להצגת סרטים בתוכנת חלונות כולל אפשרות להפקה והדפסה של תמונות בדידות

מהסרט שהוקלט.

המחשב יכלול ציוד להוצאת קטעים מוקלטים באמצעות מדיה כולל: צורב DVD, קבצים בפורמט וידאו לתצוגה

בתוכנת חלונות, דיסק נייד בחיבור USB. ניתן יהיה להגדיר/לבחור את הפורמט המוקלט כמו DV ופורמטים סטנדרטיים

13. הפעלה ותחזוקה מערכת וידאו וצילומים

14. מזג אויר והגנה מפני פגעי מזג אויר

הקבלן יהיה אחראי לקבלת תחזית לשיעור ימים בתדירות יומית של מזג אויר ותנאי ים ממכון מוכר דוגמת

מטאוסק. התחזית תכלול תחזית יומית וכן דיווח והתראות בפני סערות צפויות. הדוח יועבר בכול בוקר לתפוצה

אשר תקבע ע"י המנהל. הדוח יצורף ליומן העבודה ויהווה חלק בלתי נפרד ממנו.

מובהר כי הקבל יהיה האחראי הבלעדי לתכנן ולבצע הגנות לעבודה בכול שלבי הביצוע כך שזו לא תפגע כתוצאה

מסערת. לפני כל סערה, בהתאם לדיווח התחזית, הקבלן יערך לביצוע הגנות זמניות על אזור העבודה ועל הציוד באתר. לאחר כל סערה, תבוצע הערכת נזקים, מדידה ע"י מודד מוסמך וסקר צלילה, לצורך בקרת נזקים. ככול שיהיו נזקים, הקבלן ישא באחריות לתקנם לשביעות רצון המזמין.

15. תנאי הים והמקום

רואים את הקבלן כמי שלקח בחשבון בהצעתו את העבודות הקשורות במתקנים קיימים מכל סוג שהוא ובמיוחד את הסמיכות לחוף רחצה פעיל, חוף הצוק.

רואים את הקבלן כמי שלקח בחשבון, בעת הגשת הצעתו את השפעת התנועה הימית ותנאי הים האפשרית על עבודתו. כל הנתונים שיקבל מגורמי המזמין ו/או אחרים הם לצורכי מידע בלבד. המנהל לא יכיר בתביעות כלשהן הנובעות מהשפעת התנועה הימית ותנאי הים מכל סוג שהוא, בין שימצאו מתאימים ובין שימצאו שונים מהמידע שנמסר לקבלן.

רואים את הקבלן כמי שלקח בחשבון, בעת הכנת הצעתו ובעת עבודתו בתנאי הים כגון: גלים קצרים וארוכים בתחום עבודתו ו/או מתנועה של כלי שיט, גאות ושפל, רוחות ופעילויות אחרות. הקבלן יתקשר עם המוסדות המתאימים, לשם קבלת מידע על תנאי הים ומזג האוויר במשך כל תקופת עבודתו ויעשה סידורי עבודתו בהתאם. בקשת מידע כנ"ל והשימוש בו, וכמו כן הסידורים האחרים להבטחת העבודה, הנם על אחריותו של הקבלן. המנהל לא יכיר בשום תביעות הנובעות מתנאי הים, מזג אוויר, תנועה ימית וכל פעילויות אחרות בשטח העבודה או בסמוך לו. עיכובים במהלך הביצוע בגלל תנאי מזג אוויר, ים סוער וכד', לא ייחשבו לכוח עליון, אלא אם המנהל יורה להפסיק את הביצוע עקב כך ויגדיר את ההפסקה כנובעת מכוח עליון.

רואים את הקבלן כמי שלקח בחשבון בהכנת הצעתו מבלי לגרוע מהוראות החוזה, כי בעת ובעונה אחת עם ביצוע עבודות חוזה זה בשטחים ובאזור עבודתו או בשטחים הגובלים אתם, תבוצענה פעילויות של המזמין, של קבלנים אחרים המועסקים על ידו ושל גורמים אחרים, ויהיה עליו לתאם את עבודתו עם פעילויות אלה ולשתף אתם פעולה לפי הוראות המנהל.

התאום ושיתוף הפעולה הנ"ל לא יזכה את הקבלן בתוספת תשלום כלשהו ולא ישמש עילה להארכת תקופת הביצוע. המנהל לא יכיר בתביעות הקבלן או של אחרים, עקב עבודתו של הקבלן ועקב פעילויות של קבלנים אחרים בשטח.

כל עבודות הצלילה יבוצעו על פי כל נוהלי הצלילה, כפי שהוגדרו ע"י מנהל הבטיחות והבריאות התעסוקתית

<https://employment.molsa.gov.il/Employment/SafetyAndHealth/MafarInstructions/DivingCodeOfPractice/pdf>

פרק ב' - הכנה לביצוע ולוח זמנים

1 בדיקות והכנות מוקדמות

- 1.01 הקבלן מצהיר כי הוא למד, בירר וקיבל את כל המידע הדרוש לביצוע העבודות וכי הוא מודע לתנאי השטח, לתנאי הגישה לאתר העבודות, וכי הוא נוטל בזה מראש את כל הסיכונים הנובעים ו/או הקשורים בכך, זאת בתקופת הביצוע ועל פי לוח הזמנים כמפורט בהסכם זה.
- 1.02 הקבלן מתחייב להכין הודעות מודפסות בהן יתוארו העבודות ומשמעותן ולפרסמן בהתאם להנחיות שיינתנו בהיתר הבנייה. נוסח ההודעה יאושר מראש על ידי המזמין.
- 1.03 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

2 רישיונות ואישורים

- 2.01 לפני תחילת ביצוע העבודה ימציא הקבלן לפי הצורך למנהל הפרויקט ולמפקח את כל הרישיונות והאישורים לביצוע העבודות לפי התכניות, לרבות רישיון לביצוע העבודות. הקבלן מתחייב לשלם את כל התשלומים הנדרשים לצורך קבלת הרישיונות, להמציא את כל הערבויות הנדרשות ולשאת, על חשבונו, בכל ההוצאות הנדרשות לצורך קבלת הרישיונות.
- 2.02 עוד מודגש ומובהר, כי הואיל ורוב העבודות אמורות להתבצע בים, על הקבלן לנהוג במשנה זהירות ולהימנע מגרימת מפגעים פיזיים כגון: הרס, זריקת אשפה, זיהום או כל דבר אחר. במקרה של תקלה יודיע הקבלן באופן מידי וללא כל דיחוי למנהל הפרויקט ולמזמין.
- 2.03 מבלי לפגוע באמור לעיל, לפני תחילת ביצוע העבודות, או כל חלק מהעבודות על הקבלן לאשר את כלי השיט וצוות העבודה של הקבלן, לרבות צוות קבלני המשנה, להשתתף בישיבות התנעה וכן לתאם את העבודות הגורמים הבאים:
- 2.03.1 רשות הספנות לישראל
 - 2.03.2 משרד התחבורה
 - 2.03.3 משרד הכלכלה
 - 2.03.4 הועדה המחוזית/המקומית ו/ולח"ף
 - 2.03.5 המשרד להגנת הסביבה
 - 2.03.6 חברת אתרים
 - 2.03.7 נציגי עיריית תל אביב יפו
- 2.04 מובהר בזאת כי רשימת הגופים המופיעה בסעיף 2.03 לעיל הינה חלקית ואינה ממצא ועל הקבלן לפנות לכל הרשויות ו/או הגורמים הרלוונטיים לצורך תיאום ביצוע העבודות עמם.
- 2.05 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

3 אמצעי זהירות

- 3.01 הקבלן יהיה אחראי לבטיחות העבודה והעובדים מטעמו, לרבות קבלני המשנה מטעמו ובנקיטת כל אמצעי הזהירות הדרושים למניעת תאונות עבודה, לרבות ולא רק תאונות הקשורות בעבודות צלילה, חפירה, הנחת שקי הגיאו טיוב, הובלת חומרים, הפעלת ציוד וכו'.

3.02 הקבלן ינקוט בכל אמצעי הזהירות למניעת נזק לגוף או לרכוש באתר העבודות או בסביבתו בעת ביצוע העבודות ויקפיד על קיום כל החוקים, התקנות והנחיות ממונה הבטיחות, המפקח ומנהל הפרויקט.

4 לוח זמנים לביצוע העבודות

- 4.01 הקבלן מתחייב להתחיל בביצוע העבודות במועד שנקבע בצו התחלת עבודה (להלן: "מועד תחילת ביצוע העבודות"), להתקדם בו ולהשלימו באופן שוטף ורצוף בהתאם ללוח הזמנים המפורט של הקבלן ותואם לאבני דרך של המכרז ולשביעות רצון המזמין ומנהל הפרויקט.
- 4.02 הקבלן מצהיר בזאת במפורש, כי במסגרת שכר ההסכם שהוצע על ידו במכרז, נלקחה על ידו בחשבון העובדה, כי תקופת הסכם זה הינה מצומצמת ולחוצה כמפורט בסעיף זה וכי יהיה מנוע מלטעון כל טענה שהיא מכל סיבה שהיא בנוגע לכך, לרבות בגין הפסד רווח.
- הקבלן מתחייב לנקוט בכל האמצעים, כולל עבודה במשמרות נוספות ותגבור עובדים וציוד, לפי הוראות המפקח ומנהל הפרויקט וללא תמורה נוספת לשכר ההסכם, כדי לעמוד בלוח הזמנים.
- 4.03 הקבלן יפעל תמיד, לכל אורך תקופת ביצוע העבודה, על פי המפורט בלוח הזמנים המעודכן האחרון, אשר קיבל את אישורו של מנהל הפרויקט ובמקרה של פיגור בלוח הזמנים, בכל אחד מחלקי ביצוע העבודה, יציין הקבלן במפורט מה היו ו/או יהיו הצעדים בהם נקט ו/או ינקוט, כדי להתגבר על הפיגור ולא לסטות ממועד סיום העבודה.
- 4.04 הקבלן מתחייב להקצות את כל המשאבים וכוח האדם הנדרשים לעמידה בלוח הזמנים.
- 4.05 הקבלן יהיה אחראי לכך ויבטיח שכל עבודות קבלני המשנה, לרבות עבודתו שלו יובאו בחשבון בלוח הזמנים וכן כי רצף העבודה יהיה הגיוני ויביא בחשבון תוכנית עבודה מתואמת.
- 4.06 לוח זמנים מפורט
- 4.06.1 תוך 14 ימי קלנדריים ממועד החתימה על הסכם זה, ימציא הקבלן למנהל הפרויקט, לוח זמנים מפורט הכפוף לאבני דרך חוזיים לוח הזמנים המפורט יבוצע ע"י איש מקצוע בקיא מטעם הקבלן בהתבסס על הנתונים, תקופת הביצוע וחלקי הביצוע המפורטים באבני הדרך (להלן: "לוח הזמנים המפורט על ידי הקבלן"). לוח הזמנים המפורט על ידי הקבלן יאושר על ידי המזמין ולשביעות רצונו.
- 4.06.2 לאחר אישור לוח הזמנים על ידי המזמין, יצורף לוח הזמנים המפורט להסכם זה.
- 4.06.3 שבתות, חגים, ערבי שבתות וערבי חגים וכן ימי שבתון אחרים יילקחו בחשבון בהכנת לוח הזמנים המפורט של הקבלן. תנאי מזג אוויר אופייניים לעונה באתר העבודות יילקחו בחשבון בעת הכנת לוח הזמנים.
- 4.06.4 דיווח על התקדמות בביצוע העבודות יעשה אחת לשבוע ויכלול בו את העדכונים הבאים:
- 4.06.5 התקדמות בפועל והאחוז אשר הושלם מאותן פעילויות שכבר מבוצעות.
- 4.06.6 הפעילויות שכבר החלו ואלה שהושלמו עד להגשת הדיווח.
- אומדן הזמן שנותר באשר לתאריך שנדרש להשלמת כל פעילות שהוזכרה אולם עדיין לא הושלמה.
- 4.06.7 מובהר בזאת לקבלן כי תנאי להכנסת שינוי בלוח הזמנים הינו אישור של המזמין. הקבלן אינו מוסמך להכניס שינויים בלוח הזמנים מבלי שיתקבל לכך אישור מראש ובכתב של המזמין. יובהר, אישור המזמין ללוח הזמנים, אינו פוטר את הקבלן מאחריות כלשהי המוטלת עליו לבצע את העבודות במלואן ובמועדן בהתאם ללוח הזמנים הכללי.

- 4.06.8 לוח הזמנים יתוקן ויעודכן מדי חודש על התקדמות העבודות. מוצהר ומוסכם בזאת כי הדו"ח והעדכונים האמורים לא יתפרשו בשום מקרה כמשנים ו/או מאריכים את התקופה הנקובה לביצוע העבודות ו/או את המועדים הקבועים לביצוע חלקים כלשהם של העבודות ו/או כמשנים את לוח הזמנים ו/או כפוטרים את הקבלן מחובתו לבצע את העבודות על פיהן.
- 4.06.9 המזמין ו/או מנהל הפרויקט יהיו רשאים על פי שיקול דעתם המוחלט לבצע שינויים בלוח הזמנים ובעיתוי ביצוע כל חלק מהעבודות וסדר העדיפות ביניהן וזאת בתיאום עם הקבלן, והקבלן יפעל על פי לוח הזמנים המתוקן.
- 4.06.10 הקבלן יהא אחראי לכל נזק ו/או תביעה ו/או דרישה שתוגש נגד המזמין ו/או נגד מנהל הפרויקט ו/או נגד כל גורם אחר על ידי כל צד שלישי, לרבות ומבלי לגרוע מכלליות האמור לעיל, הקבלנים האחרים, לרבות קבלני המשנה ו/או הגורמים האחרים, אשר יבצעו פעולות בפרויקט ו/או למי מהם, בגין נזקים שיגרמו להם כתוצאה מאיחור בלוח הזמנים הכללי ו/או מביצוע העבודות שלא על פי הוראות ההסכם וזאת מבלי לגרוע מכל התחייבויותיו של הקבלן ו/או מזכויות המזמין על פי הוראות ההסכם ו/או על פי כל דין.
- 4.06.11 עיכוב בביצוע העבודות ו/או בגמר ביצוען עקב נסיבות של כח עליון אשר לקבלן לא הייתה שליטה עליהן והוא לא יכול היה לצפותן מראש ולמנען, לא יחשבו להפרת הסכם זה בידי הקבלן, ובתנאי שהקבלן נתן למנהל הפרויקט הודעה על כך תוך 3 ימים מהיווצרותן של נסיבות אשר לדעתו הינן נסיבות של כח עליון.
- לצרכי הסכם זה "כח עליון" פירושו: מלחמה, פעולות איבה, וכל פעולה אחרת אשר הוכרה על ידי מדינת ישראל ככח עליון או אשר לדעת מנהל הפרויקט לקבלן לא היתה שליטה עליה והוא לא יכול היה למנעה או לצפות אותה באופן סביר.
- 4.06.12 נגרם עיכוב בביצוע העבודות מסיבת כוח עליון כהגדרתו לעיל, רשאי הקבלן לבקש ארכה במועד הקבוע להשלמת העבודות ומנהל הפרויקט יקבע את משך הארכה.
- 4.06.13 אם בכל זמן שהוא, מנהל הפרויקט ו/או המפקח יהיו בדעה כי קצב ביצוע העבודות איטי מידי בכדי להבטיח את השלמת העבודות בפרויקט ו/או כל חלק מהם בזמן הקבוע, או תוך הארכה שניתנה להשלמתן, יודיעו מנהל הפרויקט ו/או המפקח לקבלן בכתב, והקבלן ינקוט מיד באמצעים הדרושים בכדי להבטיח את השלמת העבודות תוך הזמן, או תוך הארכה שנקבעה להשלמה ויודיע עליהם למנהל הפרויקט ולמפקח בכתב.
- 4.06.14 היו מנהל הפרויקט ו/או המפקח בדעה שהאמצעים שנקט בהם הקבלן כאמור אינם מספיקים כדי להבטיח את השלמת העבודות ו/או כל חלק מהן בזמן הקבוע על פי לוח הזמנים או תוך הארכה שניתנה להשלמתן - יורו מנהל הפרויקט ו/או המפקח לקבלן בכתב על האמצעים שלדעתם יש לנקוט והקבלן מתחייב לנקוט מיד באמצעים האמורים.
- 4.06.15 לא מילא הקבלן אחר התחייבותו כאמור, רשאי המזמין מבלי לגרוע מיתר זכויותיו על פי ההסכם ו/או על פי כל דין, לסלק הקבלן מן האתר ולבצע את העבודות כולן או מקצתן, באמצעות קבלן אחר או בכל דרך אחרת על חשבון הקבלן, והקבלן ישא בכל ההוצאות הכרוכות בכך. המזמין יהיה רשאי לגבות מהקבלן בכל דרך שהיא את ההוצאות האמורות בתוספת 10% לכיסוי הוצאותיו הכלליות, ולנכותם מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא. כן יהא רשאי המזמין לממש את ערבות הביצוע על מנת לגבות את ההוצאות האמורות.
- 4.06.16 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.
- 4.06.17 הקבלן ייקח בשיקוליו, בהתאם לצורך, שימוש בכמות מספקת של מכונות, ציוד וצוותים לכל פעולה נדרשת שהיא, כך שיוכל להיענות ללוח הזמנים ולשלבי הביצוע הנדרשים ולעמוד בהם.

- 05.01 הקבלן מתחייב להעסיק לאורך תקופת ביצוע הפרויקט צוות ניהול מקצועי הנדסי(להלן: "הצוות") בעל רמה מקצועית גבוהה וניסיון מוכח בביצוע פרויקטים דומים בהיקפם ובמהותם לעבודה נשוא הסכם זה.
- 05.02 הצוות ינהל, יתאם, יבצע ויבקר מטעמו של הקבלן את כל עבודות הביצוע החלות על הקבלן, במהלך שלבי התכנון והביצוע.
- 05.03 הקבלן מתחייב כי הצוות ינהל את כל העבודות באופן צמוד ויפקח על קיום הוראות הסכם זה.
- 05.04 הקבלן מתחייב למנות מנהל צוות עבודה לניהול הפרויקט (להלן: "מנהל צוות העבודה מטעם הקבלן"). על מנהל צוות העבודה מטעם הקבלן להיות מהנדס רשום בפנקס המהנדסים והאדריכלים, עם ותק מקצועי של חמש (5) שנים לפחות ובעל ניסיון מקצועי בעבודות פיקוח על פרויקטים בסביבה הימית/חופית. מנהל צוות העבודה מטעם הקבלן יהיה אחראי, במשך כל תקופת ביצוע העבודות, לריכוז וניהול כל העבודות וישמש כתובת לכל פניה מהמזמין, ממנהל הפרויקט או מהמפקח.
- 05.05 מנהל הפרויקט מטעם הקבלן ימצא באתר ביצוע העבודות בכל השעות בהן מתבצעות עבודות לרבות בשעות שמעבר לשעות העבודה המקובלות או בהתאם להוראות המזמין.
- 05.06 מנהל הפרויקט מטעם הקבלן יחתום ברשויות המתאימות על הטפסים הנדרשים כאחראי על הפרויקט ובתום תקופת ביצוע העבודות יעביר דו"ח ביקורת והשלמה של הפרויקט למזמין.
- 05.07 בנוסף לאנשי צוות הנ"ל יעסיק קבלן מנהל העבודה מוסמך כחוק. על הקבלן לעסיק ממנונה בטיחות מטעמו.
- 05.08 הקבלן ימנה מטעמו מנהל תכנון.
- 05.09 כל אנשי צוות הנדרשים יעסקו על חשבון הקבלן.

6 **גידור, שמידה, בטיחות, אמצעי זהירות, גהות בעבודה וסילוק חומרים**

- 06.01 הקבלן ינקוט, באחריותו ועל חשבונו, בכל אמצעי הזהירות הנדרשים למניעת נזק, זיהום, פסולת ו/או פגיעה בערכי טבע באתר העבודות ובסביבתו בעת ביצוע הפרויקט, ויישא בכל העלויות הכרוכות לצורך נקיטת אמצעי הזהירות כאמור.
- 06.02 הקבלן ומי מטעמו יהיו כפופים להנחיות ממונה הבטיחות בכל הנוגע להוראות בנוגע לגידור, שמירה, תמרור, שילוט, אבטחה, אמצעי זהירות והוראות בטיחות וגהות בעבודה.
- 06.03 ממונה הבטיחות ינחה את עובדי הקבלן ומי מטעמו ויוודא את ביצוע הנהלים והוראות הבטיחות.
- 06.04 הקבלן יישא בכל העלויות הקשורות בהוראות ממונה הבטיחות, ובכלל זה עלויות גידור, שילוט, תמרור ואבטחה וכן בכל עלויות אביזרי הבטיחות, כלי בטיחות, ציוד מגן לעובדים, ביגוד, נעליים, ציוד צלילה נידרש לבצוע הפרויקט, ציוד עזרה ראשונה וכל ציוד אחר שיומלץ ע"י ממונה הבטיחות וכן גידור בטיחותית על סגירת מקטעי חוף וחוף כולו, עם תדרש בתכנית הבטיחות.
- 06.05 הקבלן וצוות העובדים ו/או קבלני המשנה מטעמו יהיו מחויבים לקבל תדרוך עבודה טרם תחילת ביצוע הפרויקט על ידי ממונה הבטיחות, ועל הקבלן לוודא כי צוות העובדים ו/או קבלני המשנה מטעמו יקיימו אחר כל הוראות והנחיות ממונה הבטיחות. ההדרכה של ממונה הבטיחות תתקיים בשפה העברית ובאחריות הקבלן לצרף להדרכה מתורגמן בהתאם לשפת העובדים. כמו כן, יחתים הקבלן את עובדיו ו/או קבלני המשנה מטעמו על כך שהם שמעו והבינו את הנאמר בהדרכה של ממונה הבטיחות.
- 06.06 הקבלן יגדר את שטח העבודה בים באמצעות מצופים המתאימים לעבודה ביום ובלילה, יגדר את שטח החוף המקביל לאתר העבודות בים, יגדר את שטח בנמל העבודה (עם קיים) והכל בהתאם להוראות היתר הבנייה והנחיות ממונה הבטיחות.
- 06.07 לצורך הבטחת בטיחות מרבית של כלי השיט ועוברי אורח שבתחום ובסמוך לאתר העבודות, הקבלן מתחייב להציב שילוט, סימון, תמרור ואביזרים אחרים מתאימים, כולל היותם מחומר המחזיר אור, במצב תחזוקה טוב, לאורך כל תקופת ביצוע העבודות.

- 06.08 מיקום, מספר וסוג השלטים, התמרורים באתר העבודות, יבוצעו בהתאם ובכפיפות להוראות כל דין, הוראות היתר הבנייה והנחיות ממונה הבטיחות. מובהר בזאת כי הקבלן לא יתחיל בביצוע העבודות לפני אישור ממונה הבטיחות לשילוט ליישום של תכנית הבטיחות המאושרת ולתמרור כאמור.
- 06.09 הקבלן ידאג להשגת כל האישורים הנדרשים מהרשויות המוסמכות להצבת השלט ויישא על חשבונו בכל התשלומים וההיטלים שיוטלו על ידי אותן רשויות מוסמכות.
- 06.10 במהלך תקופת העבודה ידאג הקבלן לשלמותו ולניקיונו של השלט, לחידושו או להחלפתו אם נזוק, ובתום העבודה ידאג לפירוקו ולסילוקו מהאתר או ישאירו באתר, הכל לפי הנחיות והוראות ממונה הבטיחות.
- 06.11 בנוסף, הקבלן ידאג, על חשבונו, להתקנתם של גופי תאורה בכמות ובעוצמה מספקת, כפי שיאושרו על ידי ממונה הבטיחות, אשר יאירו את השלט בשעות החשיכה. שעות הפעלת גופי התאורה ייקבעו על ידי ממונה הבטיחות. הקבלן יישא בכל הוצאות החשמל בגין הפעלת גופי התאורה.
- 06.12 הקבלן יבצע את כל החובות המוטלות עליו לפי סעיף זה על חשבונו.
- 06.13 הקבלן יוודא את תקינות כלי השיט בהתאם להוראות היתר הבנייה והנחיות רשות הספנות לישראל, וכן יוודא את תקינות כלי העבודה, האביזרים והציוד הנלווה אשר משמשים את עובדיו, וידאג להחלפתו של הציוד הפסול או לתיקונו לפי הצורך.
- 06.14 אחריות לביצוע בדיקות רפואיות לעובדים ו/או לקבלני המשנה, לרבות ביטוחים רפואיים וביטוח אחריות מקצועית תחול על הקבלן בלבד.
- 06.15 עבודות בשעות הלילה ו/או בתנאי מזג אוויר קשים לא יבוצעו ללא תיאום מוקדם, בדיקה וקבלת אישור ממונה הבטיחות.
- 06.16 מנהל הפרויקט/ המפקח ו/או ממונה הבטיחות מוסמך ורשאי לבקר באתר העבודות ולהפסיק כל עבודה המתבצעת באתר העבודות, אשר נעשית בניגוד לחוקים, תקנות, נוהלי הבטיחות, הוראות היתר הבנייה ובניגוד להוראות והנהלים המפורטים בהסכם זה.
- 06.17 מובהר בזאת כי שום דרישה ו/או הנחיה ו/או תיאום בתחום הבטיחות והגיהות שתינתן מפעם לפעם לקבלן על ידי מנהל הפרויקט/ מפקח/ או על ידי מי מטעמו, לא תטיל אחריות כלשהי על מנהל הפרויקט/ מפקח ו/או המזמין ולא תפטור את הקבלן מאחריותו לבטיחות עובדיו באתר העבודות, אלא תוסיף על כל חובה המוטלת עליו על פי דין ו/או נוהג בטיחות.
- 06.19 סילוק עודפי החומרים והפסולת אל מחוץ לאתר העבודות יבוצע על פי הוראות המפקח, למקום שיאושר על ידי הרשויות הרלוונטיות, ויבוצע על חשבון הקבלן, לכל מרחק שיידרש, כולל תשלום האגרות המתחייבות מכך. על הקבלן לוודא אצל המזמין המוסמכת, את מקומות השפיכה המותרים. סילוק הפסולת מהאתר יעשה באופן שוטף כל מספר ימים ו/או לפי דרישות המפקח.
- 06.20 מובהר בזאת כי כל אמצעי הבטיחות יבוצעו בליווי ויאושרו על ידי ממונה הבטיחות מטעם הקבלן.
- 06.21 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

7 מניעת פגיעה בציבור

- 7.01 תוך כדי ביצוע העבודות הקבלן מתחייב בזאת כדלקמן:
- 7.01.1 כי ינקוט במשנה זהירות וימנע מהשלכת חומרי פסולות ו/או כל חומר אחר אשר עלול להוות פגיעה סביבתית ובטיחותית.
- 7.01.2 לא יניע חומרים, ציוד, כלי עבודה, מכשירים או חפצים אחרים, אלא על פי היתר הבנייה והוראות המפקח ומנהל הפרויקט.

7.02 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

8 מציאת עתיקות, אוצרות טבע וכדומה

8.01 עתיקות כמשמעותן בחוק העתיקות, תשל"ח - 1978 (להלן: "חוק העתיקות") או בכל דין אחר בדבר עתיקות כפי שיהיה בתוקף מעת לעת, וכן חפצים אחרים כלשהם בעלי ערך דתי או גיאולוגי או ארכיאולוגי או אוצרות טבע אחרים אשר יתגלו באתר העבודות - נכסי מדינה הם, והקבלן ינקוט באמצעי הזהירות המתאימים למניעת הפגיעה בהם או הזזתם שלא לצורך על ידי כל אדם שהוא.

8.02 מיד לאחר גילוי החפץ ולפני הזזתו ממקומו יודיע הקבלן למפקח ו/או למנהל הפרויקט על התגלית ויפעל בקשר לכך לפי הוראות המפקח ו/או מנהל הפרויקט. כן מתחייב הקבלן לקיים את הוראות הדין בדבר עתיקות.

8.03 בכפוף לאמור בתנאים המיוחדים ומפרט הטכני במפורש, הקבלן לא יהיה רשאי לעשות שימוש בחומרים טבעיים כמו חול ו/או אבן הנמצאים באתר העבודות, וזאת למעט החול המיועד למילוי שקי הגיאו טיוב, ללא קבלת הסכמת המזמין מראש ובכתב. המזמין יהא רשאי לפי שיקול דעתו המוחלט והבלתי ניתן לערעור לסרב ליתן את הסכמתו ו/או להתנות בתנאים.

8.04 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

9 ציות להוראות החוק, סיווג קבלני

9.01 הקבלן מתחייב לבצע את העבודות בהתאם להוראות כל דין ו/או תוך שמירה קפדנית על דיני חוק התכנון והבנייה, תשכ"ה 1965 והתקנות על פיו, חוק שמירה על הסביבה החופית, תשס"ד 2004 והתקנות על פיו, חוק מניעת זיהום ים (הטלת פסולת), תשמ"ג 1983.

9.02 מבלי לגרוע מכלליות האמור לעיל, מתחייב הקבלן להשיג על חשבונו כל אישור ו/או רישיון ולעמוד בדרישות כל דין ו/או חיקוק ו/או תקן החלים על סוג העבודות המבוצעות על ידו על פי ההסכם.

9.03 במשך כל תקופת ביצוע העבודות על פי ההסכם, הקבלן יהיה רשום בפנקס רשם הקבלנים בישראל בענף הבניה 400 ג' רשום במרשם מקביל בסיווג מקביל המנוהל במדינת המקור בה הוא רשום.

9.04 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

10 כח אדם

10.01 הקבלן מתחייב לספק על חשבונו הוא את כוח האדם הדרוש לביצוע העבודות, את ההשגחה עליהם, אמצעי התחבורה, לינה ומזון עבורם, וכן כל צורך אחר שלהם. למזמין לא תהיה מחויבות כל שהיא כלפי המועסקים על ידי הקבלן.

10.02 הקבלן מתחייב להעסיק בכל העבודות עובדים מקצועיים, מנוסים ובעלי כל ההכשרות ו/או הרישיונות ו/או האישורים הנדרשים, ככל שנדרש, לביצוע העבודות באיכות הגבוהה ביותר. על הקבלן להחליף מיד כל עובד אשר מנהל הפרויקט ו/או המפקח ימצאו בלתי מתאים או בלתי מוכשר לעבודה מקצועית מסוימת.

10.03 מנהל הפרויקט ו/או המפקח יהיו רשאים לדרוש את החלפתו ו/או סילוקו של מי מעובדי הקבלן וזאת, מבלי לנמק את החלטתם. נדרשה החלפתו ו/או סילוקו של מי מעובדי הקבלן, תיפסק העסקתו של העובד שהחלפתו / סילוקו נדרש באופן מיידי.

10.04 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

11 תנאי עבודה

- 11.01 הקבלן מתחייב להעסיק עובדים, מקצועיים ואחרים, במספר הדרוש לשם ביצוע העבודות תוך המועד הקבוע לכך ההסכם ו/או על פי הוראות מנהל הפרויקט ו/או המפקח.
- 11.02 קבלת העובדים לעבודה על ידי הקבלן תעשה בהתאם להוראות כל דין. הקבלן ישלם שכר עבודה לעובדים שיעסקו על ידו בביצוע העבודות ויקיים הוראות כל דין בנוגע לתנאי העבודה, ותנאים סוציאליים, לרבות תשלום מיסים הנדרשים על פי דין.
- 11.03 הנאמר בסעיף זה בא להוסיף על חובותיו של הקבלן ולא לגרוע מהן, ולא יתפרש בשום מקרה כמטיל על המזמין כלפי האנשים המועסקים על ידי הקבלן חובה כלשהי.
- 11.04 הקבלן מתחייב להבטיח תנאי בטיחות לשמירת בריאות העובדים ורווחתם כנדרש על פי כל דין ועל ידי רשות מוסמכת, ולקבל אישורים מתאימים לרבות ממשד הבריאות בכל הקשור להזנתם ולהלנתם של העובדים.
- 11.05 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.
- 11.06 הקבלן מתחייב שיוסדרו על חשבונו הוא לעובדים המועסקים בביצוע העבודות ולעובדיהם של הקבלנים האחרים סידורי נוחות ומקומות אכילה נאותים באתר העבודות לשביעות רצונו של המפקח.
- 11.07 הקבלן ידאג כי בכל עת ימצא באתר העבודות בהישג יד כל הצידוד הדרוש לעזרה ראשונה.

12 ציוד, מתקנים וחומרים

- 12.1 הקבלן מתחייב לספק על חשבונו את הציוד, כלי השיט, הכלים, המתקנים, החומרים וכל האמצעים הדרושים לביצוען היעיל של העבודות בקצב הדרוש ולשביעות רצון מנהל הפרויקט, וזאת למעט אספקת החול.
- 12.2 יובהר, כי אספקת החול הנדרשת למילוי הגיאומטריה באחריות הקבלן, והוא מחויב לדאוג למקור החול ואישורו מול המשרד להגנת הסביבה. בנוסף אחריות הקבלן הינה לחפור את החול ממקום היעד שיאושר על ידי הג"ס ושינועו על ידי שאיבת חול מקרקעית הים והעברתו לאזור מילוי גיאומטריים ע"י צינור צף אל או על ידי ספינה לצורך מילוי שקי גיאומטריים.
- 12.3 הקבלן מצהיר ומתחייב כי ברשותו כל הציוד, כלי השיט, הכלים והמתקנים הדרושים לביצוען היעיל של העבודות בקצב הדרוש ועל פי לוח הזמנים. במקרה ולפי שיקול דעתו של מנהל הפרויקט, הציוד ו/או כלי השיט ו/או הכלים ו/או המתקנים ו/או חלק מהם אינו מספיק ו/או אינו מתאים לביצוע העבודות, יהיה על הקבלן להחליפם על חשבונו, לשביעות רצונו של מנהל הפרויקט, וזאת בתוך פרק הזמן שיקבע על ידי מנהל הפרויקט ומבלי שהדבר יצדיק שינוי בלוח הזמנים. החלטות מנהל הפרויקט כאמור תהיינה סופיות ובלתי ניתנות לערעור.
- 12.4 הקבלן מתחייב להבטיח אספקה שוטפת של חומרים לאתר העבודות, כך שלא יחול כל עיכוב בביצוע העבודות לפי לוח הזמנים, הכל להנחת דעתו של מנהל הפרויקט. בכפוף לאמור להלן במפורש, אין בהבאת החומרים לאתר העבודות משום אישור לתשלום, אלא לצורך הבטחת רציפות העבודות ומניעת עיכובים בביצוען. מנהל הפרויקט ו/או המפקח לא יאשרו סטייה מלוח הזמנים כתוצאה מחוסר חומרים באתר העבודות הנובע מדחייה בלתי סבירה בהזמנתם.
- 12.5 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

13 חומרים וציוד באתר העבודות

13.01 לעניין פרק זה "חומרים" פירושם כל החומרים שעל הקבלן לספק למטרת ביצוע העבודות, לרבות שרוול הבד הגיאוטכני, צינורות, ברגים, אביזרים, מוצרים, בין מוגמרים ובין בלתי מוגמרים וכן כלי שיט, מתקנים וציוד העתידיים להיות חלק מהעבודות.

13.02 הקבלן אחראי לשמירתם הבטוחה של המתקנים, כלי השיט, הציוד והחומרים, ולתחזוקתם השוטפת במשך כל תקופת ביצוע הפרויקט.

13.03 מבלי לגרוע מכל הוראה אחרת בהסכם, מוצהר ומוסכם בזה כי הקבלן יהיה אחראי לכל הפגמים ו/או הליקויים שיתגלו בחומרים ו/או בכלי השיט ו/או במוצרים ו/או במלאכה שסופקו על ידו ו/או בטיבם ו/או בכל דבר אחר הקשור בהם ו/או בהתאמתם לעבודות גם באם החומרים, הציוד, המוצרים, המלאכה והמתקנים האמורים עמדו בתנאי התקן הישראלי ו/או אושרו על ידי מנהל הפרויקט ו/או המפקח והם יהיו רשאים לפוסלם בכל עת, במקרה וימצאו כי אינם מתאימים לביצוע העבודות ברמה הנדרשת. החלטת מנהל הפרויקט ו/או המפקח כאמור תהיה סופית ובלתי ניתנת לערעור.

13.04 מוסכם בזאת כי אין באמור בפרק זה כדי לגרוע מדרישות מיוחדות לגבי חומרים, בדיקות, כלי שיט, ציוד ומלאכה, המפורטים במפרטים ו/או בכל מסמך אחר המצורף להסכם, אלא כדי להוסיף עליהם.

13.05 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

14 טיב החומרים והמלאכה ובדיקת דגמים

14.01 הקבלן ישתמש אך ורק בחומרים חדשים ואיכותיים, ובכמויות מספיקות והוא מתחייב שהמלאכה שתיעשה בביצוע העבודות תהיה ברמה מעולה.

14.02 הקבלן מתחייב לערוך בדיקה של כל החומרים הנדרשים לביצוע העבודות נשוא המכרז ולספק את האישורים הנדרשים לצורך הוכחת טיב החומרים. יובהר, כי הקבלן מתחייב שלא להשתמש בביצוע העבודות בחומרים שלא נבדקו ו/או ונמצאו לא מתאימים על ידי מנהל הפרויקט ו/או המפקח.

14.03 חומרים שלגביהם קיימים תקנים מטעם מכון התקנים הישראלי - יתאימו בתכונותיהם לתקנים הישראליים ובמידה שאין לגביהם תקן ישראלי - חייב הקבלן להתאימם לתקן אחר שיקבע על ידי מנהל הפרויקט ו/או המפקח. כל החומרים שיגיעו לאתר העבודות חייבים להיות בעלי תו תקן. במקום שהתקן הישראלי מבחין בכמה רמות של חומרים, ובהעדר הוראה אחרת במפרשים ובתוכניות, יתאימו החומרים לרמת התקן הגבוהה ביותר.

14.04 הקבלן מתחייב לספק על חשבונו הוא, ולפי הוראות המפקח, דגימות מהחומרים ומהמלאכה שנעשתה ו/או שצריכה להיעשות, וכן את הכלים, כוח האדם וכל יתר האמצעים הדרושים לביצוע בדיקת החומרים והמלאכה כאמור באתר העבודות או להעברתם של החומרים לבדיקת מעבדה, הכל כפי שיורה מנהל הפרויקט ו/או המפקח. פרוגרמת הבדיקות תהיה כפי שיקבע המפקח.

14.05 הבדיקות תבוצענה רק במעבדות מוסמכות בהתאם להנחיות מנהל הפרויקט ו/או המפקח. התשלום עבור כל הבדיקות למכון התקנים או למעבדה אחרת יהיה על חשבון הקבלן. המעבדה תאושר מראש ע"י מנהל הפרויקט ו/או המפקח. בהסכם ההתקשרות של הקבלן עם המעבדה יהיה רשום שכל תוצאות הבדיקות יועברו באופן אוטומטי מנהל הפרויקט או המפקח.

14.06 בנוסף לאמור לעיל יחויב הקבלן לשאת בעצמו ועל חשבונו בכל ההוצאות הכרוכות בבדיקות חוזרות שיהיה צורך לבצע, לדעת מנהל הפרויקט או המפקח כתוצאה מתוצאות לא משביעות רצון מבדיקות קודמות.

14.07 מוסכם ומוצהר בזאת כי אין באי ביצוע הבדיקות כאמור בסעיף זה כדי לגרוע מאחריות הקבלן לגבי טיב החומרים, המלאכה והעבודות.

14.08 לא ישלם הקבלן את חשבון המעבדה בגין ביצוע בדיקות כאמור, יהיה המזמין רשאי, אך לא חייב, לשלם תשלומים אלו במקום הקבלן. שולם על ידי המזמין, במקום הקבלן, תשלום למעבדה בגין ביצוע בדיקות כאמור, ינוכה סכום התשלום, מן החשבון החלקי הראשון שיגיש הקבלן למזמין לאחר מכן, או מן החשבון הסופי, לפי שיקול דעת המזמין.

14.09 מבלי לפגוע באמור בהסכם זה, המונח "שווה ערך ואיכות", ככל שנוזכר במפרטים המקצועיים כחלופה למוצר מסוים הנקוב בשמו המסחרי ו/או בשם היצרן ו/או בשם המפעל המשווק אותו, פירושו שהמוצר חייב להיות שווה ערך מבחינת התפקוד והתקן ושווה ערך מבחינת האיכות והמראה למוצר הנקוב, וזאת ע"פ שיקול דעת והחלטת מנהל הפרויקט ו/או המפקח. על הקבלן להביא לאישור מנהל הפרויקט את החומרים המוצעים כ"שווה ערך" ולקבל את אישורם בכתב.

14.10 מובהר בזאת כי טיב ו/או איכותו ו/או סוגו של מוצר "שווה ערך" טעונים אישורו המוקדם של מנהל הפרויקט ו/או המפקח.

14.11 בהעדר מעבדה מוסמכת בישראל שמתמחה בבדיקות נידרושות לפי הסכם מתחייב קבלן לבצע בדיקות במעבדה מוסמכת לכך בחו"ל. לא ישולם לקבלן תשלום בנושא ווידוי התאמת חומרים לדרישות הפרויקט.

14.12

15 סילוק חומרים פסולים והריסת מלאכה פסולה

15.01 המפקח רשאי להורות לקבלן, מעת לעת, ולפי שיקול דעתו הבלעדי, תוך כדי מהלך ביצוע העבודות הוראות, והקבלן מתחייב לבצע את ההוראות תוך התקופה שתקבע על ידו בדבר:

15.01.1 סילוק חומרים מאתר העבודות בתוך פרק זמן אשר יצוין בהוראה, בכל מקרה שלדעת מפקח אין החומרים מתאימים לייעודם.

15.01.2 הבאת חומרים אחרים מתאימים במקום החומרים האמורים לעיל.

15.01.3 סילוקו, הריסתו והקמתו מחדש של חלק כלשהו מהעבודות שהוקמו על ידי שימוש בחומרים בלתי מתאימים או באיכות בלתי מתאימה או בניגוד לתנאי ההסכם ו/או הוראות כל דין.

15.02 למען הסר ספק ומוסכם בזאת כי המפקח יהיה מוסמך ורשאי להורות לקבלן הוראה מהוראות המפורטות לעיל גם במקרה שהחומרים ו/או העבודות נבדקו כבר על ידו ו/או גם במקרה שהקבלן קיבל בגינם ו/או בקשר אליהם תשלומי ביניים כלשהם.

15.03 לא מילא הקבלן אחר הוראות המפקח כאמור לעיל, יהא המזמין רשאי, מבלי לגרוע מיתר זכויותיו על פי ההסכם ו/או על פי כל דין, לבצע את ההוראות המפקח על חשבון הקבלן והקבלן ישא בכל ההוצאות הכרוכות בביצוע ההוראה. המזמין יהא רשאי לגבות או לנכות הוצאות אלו בתוספת 15% לכיסוי הוצאות כלליות של המזמין מכל סכום שיגיע לקבלן בכל זמן שהוא וכן יהא רשאי לגבותם מהקבלן בכל דרך אחרת.

15.04 על אף האמור לעיל, יהיה המפקח רשאי, אך לא חייב, במקום לדרוש תיקון עבודות שבוצעו שלא בהתאם להסכם, לקבוע הפחתת ערך של אותן עבודות ולנכות את סכום ההפחתה משכר ההסכם שיגיע לקבלן.

15.05 קביעות והוראות המפקח כאמור לעיל תהיינה סופיות ובלתי ניתנות לערעור.

15.06 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

16 ביצוע העבודות

16.01 הקבלן יחל, כאמור, בעבודות התכנון במועד שייקבע "בצו התחלת עבודת התכנון" אשר נוסחו בנספח להסכם זה וכן יחל בעבודות.

16.02 הקבלן ימשיך בביצוע העבודות בקצב הדרוש להשלמתו תוך תקופת הביצוע שנקבעה בלוח הזמנים להסכם זה ובהתאם לחלקים כפי שפורטו בהסכם זה, פרט אם קיבל מאת המנהל הוראה מפורשת אחרת בכתב.

17 מועד השלמת העבודות

הקבלן מתחייב להשלים את העבודות תוך תקופת הביצוע שנקבעה בלוח הזמנים ובלבד שאם ניתנה לקבלן ארכה להשלמת העבודות בהתאם לאמור להלן, יוארך המועד להשלמת העבודות כקבוע להלן.

אין באמור לעיל כדי לגרוע מכל תנאי מפורש בהסכם לגבי השלמתו ו/או ביצועו המוקדם של כל חלק מסוים מהעבודות.

18 תעודת השלמה לעבודות

18.01 תכניות עדות לאחר ביצוע (as made)

18.02 הושלם ביצוע העבודות על ידי הקבלן, מתחייב הקבלן לספק למפקח את המסמכים המפורטים להלן :

18.03 תכניות לאחר ביצוע (AS MADE). על מדיה מגנטית לכל המקצועות, בקובץ DWG ובהתאם למפרט הכללי, לפי פורמט G.I.S לרבות כל הסטיות מהמתוכנן, המותרות לפי ההסכם כפי שאושרו על ידי המפקח במהלך ביצוע העבודות.

18.04 תכנית לאחר ביצוע ב- 3 עותקים צבעוניים בקנה מידה 1:250.

18.05 מובהר בזאת כי הכנת התוכניות כאמור, בדיקתן ואישורן על ידי המפקח הם תנאי מוקדם לבדיקת העבודות ומתן תעודת השלמה.

18.06 עם השלמת ביצוע העבודות על ידי הקבלן, יודיע על כך בכתב למפקח ומנהל הפרויקט. המפקח יבדוק בנוכחות הקבלן את העבודות תוך 5 ימי עבודה ממועד קבלת ההודעה.

18.07 מצא המפקח את העבודות מתאימות לתנאי ההסכם על כל מסמכיו, נספחיו והוראותיו ומשביעות רצון, תינתן לקבלן על ידי מנהל הפרויקט תעודת השלמה עם תום הבדיקה (להלן : "תעודת השלמה") ומועד ההשלמה יהיה מועד הודעת הקבלן על השלמת ביצוע העבודות, כאמור.. מצא המפקח שהעבודות ו/או איזה חלק מהן לא בוצעו כאמור בהתאם להסכם, תימסר לקבלן בכתב על ידי המפקח רשימת תיקונים, שינויים והשלמות(להלן : "הפרטיכל המשלים"). לא תינתן לקבלן תעודת השלמה אלא לאחר שהתקיימו במצטבר כל התנאים דלהלן :

18.08 המפקח מצא כי העבודות כולן על כל חלקיהן, והציוד המנוי בהן הוקם כראוי, בהתאם לגבהים, העומקים והמרחקים שנקבעו על פי התכניות והמפרטים , לרבות היתר הבנייה, תוצאות המודלים, והוראות המפקח ומנהל הפרויקט.

18.09 הקבלן ביצע לשביעות רצון המפקח את כל הטעון תיקון ו/או ההשלמה כפי שפורט בפרטיכל המשלים.

18.10 הקבלן מילא את כל התחייבויותיו על פי ההסכם והתקבלו כל האישורים הדרושים על פי דין ו/או על פי הנוהג.

18.11 מובהר בזאת כי בכל מקום בהסכם בו מדובר על "השלמת העבודות" ו/או "תעודת השלמה"

תחשבה העבודות כמושלמות רק לאחר ביצוע כל האמור לעיל.

18.12 למען הסר ספק מוסכם ומוצהר בזאת כי אין במתן תעודת השלמה ו/או בעריכת הפרטיכל המשלים כדי לשחרר את הקבלן מאיזו אחריות שהיא, ישירה ו/או עקיפה, לליקוי שנשכת, לא נחשף, או שהתגלה לאחר תהליך קבלת העבודות ובדיקת העבודות על ידי המפקח.

18.13 קבע המפקח כי הושלמו העבודות או הושלם החלק המסוים מהעבודות שעל הקבלן היה להשלימו במועד מסוים, חייב הקבלן למסור למזמין את העבודות או את אותו חלק מסוים מהן שהושלמו כאמור, הכל לפי העניין, והקבלן אינו רשאי לעכב את מסירת העבודות או חלק מסוים מהעבודות, מחמת דרישות ו/או טענות ו/או תביעות כלשהן שיש לו כלפי המזמין ו/או כלפי כל אדם אחר.

18.14 לא ביצע הקבלן את התיקונים ו/או ההשלמות שפורטו בפרטיכל תוך התקופה שנקבעה על ידי המפקח, או בכל מקרה בו לדעת המנהל והמפקח ועל פי שיקול דעתם המוחלט והסופי אין ביכולתו של הקבלן לבצע את התיקונים ו/או ההשלמות האמורים בתקופה סבירה ו/או באיכות ו/או בטיב משביעי רצון, יהיה המזמין רשאי, מבלי לגרוע מכל יתר זכויותיו על פי ההסכם ו/או כל דין לבצע את התיקונים ו/או ההשלמות ו/או כל חלק מהם בעצמו ו/או באמצעות כל גורם אחר. הוצאות ביצוע התיקונים ו/או ההשלמות כאמור יחולו על הקבלן והמזמין ינכה הוצאות אלה בתוספת משכר ההסכם אשר טרם שולם לקבלן ו/או יגבה אותם מהקבלן בכל דרך אחרת, לרבות בדרך של מימוש ערבות הביצוע.

18.15 עם השלמת ביצוע העבודות על ידי הקבלן ועוד בטרם הודיע על השלמתם, ינקה הקבלן

18.16 את אתר העבודות ויסלק ממנו כפוף לקבלת הוראה אחרת ממנהל הפרויקט ו/או המפקח,

18.17 את כל החומרים והפסולת אשר אינם מהווים חלק מהעבודות כך שבמועד הבדיקה על ידי הצוות הבדק יהיו העבודות ואתר העבודות נקיים ומתאימים למטרותיהם. כל ליקויים ו/או פגמים שיתגלו בניקוי העבודות ו/או באתר העבודות יצוינו אף הם בפרטיכל ויתוקנו על ידי הקבלן בטרם יקבל תעודת השלמה.

18.18 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

19 בדק ותיקונים

19.01 לעניין הסכם זה, "תקופת הבדק" ביחס לכל העבודות שיבוצעו על ידי הקבלן תהא למשך שנה אחד (1).

19.02 למען הסר ספק מובהר בזאת כי במקרה שיקבעו במפורש בתנאים המיוחדים ו/או במפרט הטכני להסכם, תקופות בדק שונות מהאמור לעיל תחול תקופת הבדק הארוכה, ובכל מקרה לא תפחת כל תקופת בדק מתקופה של שנה (1) אחד בלבד.

19.03 מניינה של תקופת הבדק יחל מתאריך מתן תעודת השלמה. במקרה של תעודת השלמה לחלקים שונים של העבודות - יחל מנין תקופת הבדק מתאריך מתן כל תעודת השלמה חלקית.

19.04 נתהוו ו/או נתגלו בעבודות תוך כדי תקופת הבדק פגמים ו/או ליקויים ו/או קרעים ו/או נזקים ו/או כל פגם אחר מכל מין ו/או סוג הנובעים מכל סיבה שהיא הכולל בזדון

19.05 זמינות תיקון הפגמים תהיה לפי תכנית תחזוקת ואחזקה המבנה במסמך הזה.

19.06 הטיפול בפגמים חייב להיות בתאום עם כל הגורמים הנדרשים לכך, לרבות ולא רק, המשרד להגנת הסביבה, חברת אתרים, אם הפגמים או חלק מהם, לא ניתנים לדעת המזמין ו/או מנהל הפרויקט לתיקון, או שתיקונם עלול לגרום, לדעת המזמין ו/או מנהל הפרויקט, שיבושים או נזקים ניכרים לסביבה ו/או לאפקטיביות ההגנה של הגיאומטריה, הקבלן יהיה מחויב להחליף את שקי הגיאומטריה טיוב בחדשים.

19.07 מובהר כי ככל שבשל פגמים אבד החול המוחזק על ידי שקי הגיאו טיוב, אזי המזמין ידאג למלאי חול חדש בגין החול שאבד על חשבון הקבלן, ולקבלן לא תהיה כל טענה בקשר לכך. המזמין יהיה רשאי לגבות את העלות מערבות הטיב.

19.08 סעיף זה על סעיפי המשנה שבו הינו מעיקרי ההסכם והפרתו ו/או הפרת תנאי מתנאיו תהווה הפרה יסודית של ההסכם.

20 אבני דרך לתשלום

שלב פרויקט	סעיף 20.1 א.	סעיף 20.1 ב.	סעיף 20.1 ג.	סעיף 20.1 ד.
שלב תכנון ("שלב א").	30% משווי הצעת התכנון	25% משווי הצעת התכנון	20% משווי הצעת התכנון	25% משווי הצעת התכנון
	-	-	-	-
שלב פרויקט	סעיף 20.2 א.	סעיף 20.2 ב.	סעיף 20.2 ג.	סעיף 20.2 ד.
שלב הביצוע (שלב ב')	8% משווי הצעת עבוד שלב הביצוע	22% משווי הצעת עבוד שלב הביצוע	20% משווי הצעת עבוד שלב הביצוע	40% משווי הצעת עבוד שלב הביצוע
	10% משווי הצעת עבוד שלב הביצוע			
שלב תחזוקה (שלב ג')	סעיף 20.3 א.	סעיף 20.3 ב.	סעיף 20.3 ג.	
שלוש (3) שנים	7% משווי עלות ההקמה בפועל	7% משווי עלות ההקמה בפועל	6% משווי עלות ההקמה בפועל	

20.1. **שלב תכנון** בשלב זה נדרש הקבלן להגיש תכנון מפורט ותכנון לביצוע ומסמכים נדרשים להיתרי הבנייה (כולל קבלת ההיתר) המבוססים בין היתר, על תוצאות המודלים הראשוניים להקמה של הגיאומטריים.

עלויות קבלת ההיתר, תשלומי אגרות וישום דרישות ההיתר חל על הקבלן וכלול במחיר פרויקט .
לא ישולם לקבלן שום תמורה נוספת בגין הוצאת וישום ההיתר בניה .

א. עם הגשת התכנון מפורט והתכנון לביצוע למזמין ואישורו על ידי מנהל הפרויקט וכל גורם אחר, יעביר המזמין לקבלן 30% משווי הצעת התכנון של הקבלן

ב. עם קבלת היתרי הבנייה החתומים על ידי הגורם המוסמך, יעביר המזמין לקבלן 25% נוספים משווי הצעת התכנון של הקבלן

ג. ישום פיקוח עליון במשך הפרויקט לפי דרישת מנה"פ מטעם מזמין, לא יפחת מפעמיים למשך הפרויקט יעביר המזמין לקבלן 20% נוספים משווי הצעת התכנון של הקבלן.

ד. עם סיום הפרויקט לשביעות רצונו של המזמין, סיום פיקוח עליון סופי ואשור ע"י מתכנן, יעביר המזמין לקבלן 25% נוספים משווי הצעת התכנון של הקבלן.

ה. מובהר, כי ככל ולא יתקבלו היתרי הבנייה לאחר השלמת כל הפרטים ו/או המסמכים החסרים על פי הגוף המוסמך להיתר בניה, ורק בכפוף להחלטת המזמין ושיקול דעתו הבלעדי כי אינו ממשיך בהליך הוצאת היתר הבנייה, אזי יהיה הקבלן זכאי לתורת התמורה בגין שלב התכנון ("שלב א").

20.2 **שלב הביצוע** - בשלב זה נדרש הקבלן להקים ולהניח את הגיאומטריים באתר העבודות הנדרש על פי תכנון קבלן המאושר והוראות היתרי הבנייה.

א. עם סיום שלב ההתארגנות, כולל כדלכמן :

- את כל ההכנות והבדיקות של הציוד וכלי שיט וכן ראשיונות שיט בתוקף, מיקומם באתר העבודות.
- רכוש והכנת שקי הגיאומטריים לפחות ל 100 מטרים הראשונים,
- הכנה ובדיקה של הכלים הנדרשים לצורך ביצוע עבודות החפירה ושינוע החול ,
- הקמת מבנים ארעיים לפי דרישות המפרט, כולל הכמת מערכת מצלמות לפי דרישות המפרט והפעלתם.
- חיבור למים, חשמל, שירותים ואספקת גישה לאינטרנט , הגידור והשילוש, דרכי גישה לנמל העבודה (עם קיים), הנדרשות בהיתרי הבנייה הושלמו, כולל ביצוע קטע ניסיון בנוכחותו של מתכנן, יעביר המזמין לקבלן 8% משווי הצעת הקבלן עבור שלב הביצוע של אותו תאי שטח.

ב. עם סיום הנחת 400 מטר גיאומטריים בחוף צוק וקבלת תעודת השלמה חתומה על ידי מנהל הפרויקט יעביר המזמין לקבלן 22% משווי הצעת הקבלן עבור שלב הביצוע .

ג. עם סיום הנחת 200 מטר גיאומטריים בחוף צוק נוספים (סה"כ 600 מטרים) וקבלת תעודת השלמה חתומה על ידי מנהל הפרויקט יעביר המזמין לקבלן 20% משווי הצעת הקבלן עבור שלב הביצוע של אותו תאי שטח.

ד. עם סיום עבודות הביצוע והקמת הגיאומטריים בחוף צוק וקבלת תעודת השלמה חתומה על ידי מנהל הפרויקט, ישלם המזמין לקבלן את יתרת התמורה -40% לתשלום עבור ביצוע העבודות נשוא המכרז.
ה. עם סיום שנת (1) בדק , ישולם המזמין לקבלן את יתרת התמורה -10% לתשלום עבור ביצוע העבודות נשוא המכרז.

20.3 שלב תחזוקה

- א. בחלוף 12 חודשים מתום תקופת הבדק 7% מערך החשבון הסופי בצוע המאושר ע"י המזמין (בתוספת מע"מ);
- ב. בחלוף 24 חודשים מתום תקופת הבדק 7% מערך החשבון הסופי בצוע המאושר ע"י המזמין (בתוספת מע"מ);
- ג. בחלוף 36 חודשים מתום תקופת הבדק 6% מערך החשבון הסופי בצוע המאושר ע"י המזמין (בתוספת מע"מ);

20.4 מוסכם בין הצדדים כי שום תשלום אחר או נוסף פרט לאמור בסעיף זה, לא ישולם על ידי המזמין, לא במהלך ביצוע העבודות ולא לאחר פקיעת ההתקשרות על פי הסכם זה, לא עבור ביצוע העבודות ולא בקשר איתן ו/או כל הנובע מהן, לא לקבלן ו/או מי מטעמו ולא לכל אדם או גוף אחר, והקבלן לא יהיה זכאי לשום תוספות ו/או תשלום נוסף מכל מין ו/או סוג.

20.5 למען הסר ספק מובהר בזאת כי סיום שנת בדק או/ו תחזוקה נחשב הסתיים, רק לאחר סיום כל התיקונים והסדרת מבנה גיאומטריים בשלמותו. דהיינו : אם תוך שנה קלנדרי מתחילת בדק / תחזוקה לא סיים קבלן טיפול בנזקים הן בזדון או/ו הן לא בזדון, שהתגלו בתקופת הדיווח, רואים מועד סיום תיקונים וקבלתם ע"י מזמין כתחילה שנת תחזוקה הבאה.

פרק ג' - אבני דרך ללוח זמנים

מס' שלב עיקרי	פירוט
1	תוך 14 ימי קלנדרים מיום ההודעה על הזכייה במכרז, יחתום המציע הזוכה על ההסכם.
2	תוך 14 ימי קלנדרים מיום ההודעה על הזכייה במכרז, ימציא המציע הזוכה למזמין את כל נספחי הביטוח הנדרשים.
3	תוך שלושה (3) חודשים קלנדריים, מיום קבלת צו התחלת התכנון, מתחייב המציע הזוכה להגיש את התכנון המפורט והתכנון לביצוע וכן להכין את כל המסמכים הנדרשים לצורך היתרי הבנייה, הגשת וקבלת ההיתר.
4	תוך 14 ימי קלנדרים מיום קבלת היתרי הבנייה חתומים על ידי הרשות המוסמכת לכך על פי דין, וקבלת צו התחלת העבודה לביצוע, מחויב המציע הזוכה לסיים את שלב ההתארגנות לתחילת ביצוע העבודות.
5	תוך תשע [9] חודשים קלנדריים, מיום קבלת היתרי הבנייה החתומים על ידי הרשות המוסמכת לכך על פי דין וקבלת צו התחלה לביצוע, מחויב המציע הזוכה לסיים את ביצוע כל העבודות נשוא המכרז.
6.	14 ימי קלנדרים מסירת הפרויקט
7.	תכנית תחזוקת גאיוטיובים לשלוש (3) שנים ממועד אישור מסירת מבנה תקין (לאחר סיום שנת הבדק)

פרק ד' - בקרת איכות והבטחת איכות

21 תכנית בקרת איכות עצמית:

פרק זה, עוסק בדרישות ובהנחיות להקמת מערכת בקרת איכות בפרויקט המופעל על ידי הקבלן (להלן: "מערכת בקרת איכות" או "המערכת"). מערכת זו מהווה נדבך מרכזי וחשוב במערך הכולל המיועד להבטיח את איכות הביצוע של הפרויקט. יודגש שכלל העבודות יבוצעו על פי מפרט הטכני המיוחד ו/או המפרט הבינמשרדי (הספר הכחול) במהדורתם העדכנית ליום פרסום המכרז.

במידה וקיימת סתירה בין המפרטים הנ"ל יקבע המפקח את המסמך הקובע. על הקבלן לקחת בחשבון כי יהיה עליו למלא אחר ההנחיה המחמירה מבחינתו. המערכת כוללת את אחריותו ומחויבותו של הקבלן להקמת מערכת לבקרת איכות (כולל בקרה של ספקים וקבלני המשנה) העוסקת בין היתר במעקב, בקרה, בדיקה ואישור ביצועם של כל סעיפי ההסכם תוך כדי עמידה בכל דרישות ויעדי האיכות בפרויקט. מערכת האיכות נועדה להבטיח שהמוצר הסופי יעמוד בכל הדרישות הקבועות בכל מסמכי ההסכם, התוכניות, תקנים ומפרטים. לכן מערך בקרת האיכות יהיה נוכח באופן תמידי ורציף באתר בכל מהלך ביצוע העבודות, ילווה ויתעד את כל שלבי הביצוע בכל אחד משלבי העבודה עד לקבלת המוצר הסופי וכל זאת בהתאם ללוח הזמנים שנקבע מראש לביצוע. מערכת בקרת האיכות (Control Quality), תהווה חלק בלתי נפרד ממערך הקבלן. המערכת תפעל על פי עקרונות ISO 9000 ותבצע את עבודתה בהתאם לכלל הדרישות הטכניות המפורטות בפרק זה. במקביל לעבודת מערכת בקרת האיכות רשאית החברה להפעיל מערכת הבטחת איכות (Assurance Quality) אשר תשמש כמערך בקרה לפעילויות מערכת בקרת האיכות למען הסר ספק מובהר כי דרישות האיכות מהקבלן כמוגדר במכלול מסמכי החוזה תהיינה תקפות כלפי הקבלן, וגם לכל קבלני המשנה או הספקים שיועסקו ע"י הקבלן. מסמכי ההתקשרות של הקבלן עם קבלני המשנה וספקיו השונים יכללו דרישות איכות כמוגדר במכלול מסמכי החוזה. בקרת האיכות מטעם הקבלן אחראית לבקרת האיכות עבור כל תכולת הפרויקט לרבות הוראות שינויים ותוספות אשר יאושרו/ יינתנו לקבלן ע"י המזמין מעת לעת.

22 הגדרות:

כללי:

א. ביטויים ומונחים בפרק זה, אשר אינם מוגדרים בפרק זה, תהא להם המשמעות המוקנית להם במסגרת ההסכם. אין באמור במסמך זה כדי לגרוע מכל הוראה אחרת במסמכי המכרז.

2. מערכת בקרת איכות של הקבלן או המערכת:

מערכת מטעם הקבלן הפועלת באופן רציף וקבוע במהלך ביצוע הפרויקט ואשר מטרתה לבקר, לנטר, לתעד ולאשר את כל פעילויותיהם של הקבלן, הספקים וקבלני המשנה מטעמו והמיועדת להבטיח עמידה בדרישות ההסכם.

3. מערכת הבטחת האיכות של הפרויקט

מערכת המבצעת את פעילויותיה מטעם המזמין אל מול מערך בקרת האיכות ואשר מטרותיה הינן בחינה ובקרה של אופן פעולתה של מערכת בקרת האיכות וניטור פעילויותיה, במהלך ביצוע העבודות. מובהר כי לצורך פרויקט זה, מנהל הבטחת האיכות יהיה המפקח בשטח.

4.א מנהל בקרת איכות:

מנהל בקרת האיכות (מב"א), העומד בראש מערכת בקרת האיכות של הפרויקט מטעם הקבלן יהיה בעל מקצוע מטעם הקבלן המתמחה באחד או יותר מתחומי העבודות המבוצעות בפרויקט.

5.א מנהל המעבדה בפרויקט:

מעבדן מטעם " מעבדה מוסמכת " על ידי הרשות הלאומית להסמכת מעבדות או " מעבדה מאושרת " על ידי הממונה על התקנה במשרד המסחר והתעשייה לביצוע בדיקות בתחומים הרלבנטיים לפרויקט שפעילותו הינה באחריות ובתשלום של הקבלן, המנהל אחראי לנכונות ביצוע הבדיקות בפרויקט ולריכוז מערך ופעילות המעבדה מטעם הקבלן בפרויקט.

ב. מודד ראשי:

מודד מוסמך העומד בראש צוות מודדי בקרת האיכות של הפרויקט.

ג. מנהל הבטחת האיכות:

מנהל הבטחת האיכות / המפקח של הפרויקט מטעם המזמין.

21 תפקידי מערכת בקרת האיכות:

מערכת בקרת האיכות הינה כאמור האמצעי להבטחת מילוי דרישות ההסכם, התוכניות והמפרטים. מערך בקרת האיכות אמור להבטיח את איכות הביצוע בפרויקט בין היתר תוך כדי הקמה, ניהול ותפעול של הנושאים העיקריים הבאים:

1. קביעת תכנית ברורה של בקרה ובדיקות, ניתוח תוצאות בדיקות ומתן מסקנות, כל זאת על מנת לוודא שתהליכי העבודה יעילים והתוצר יעמוד בדרישות המפרטים.
 2. בניית תהליכי אישור של חומרים, ציוד, קבלני משנה וספקים המוודאים שתוצריהם עומדים בדרישות המפרטים לפני שילובם בעבודות בפרויקט.
 3. יישום תהליכי זיהוי, טיפול ותיקון אי התאמות בתהליכי העבודה ובאיכויות המוצר המוגמר. קביעת דרכים לשיפור תהליכי העבודה על מנת להימנע מחזרה על אי התאמות.
 4. שמירת רישום מסודר של כל תהליכי העבודה ותוצאות פעולות הבקרה, הבדיקות מעבדתיות והמידות, בדרך שתאפשר הצגה ברורה של רמות האיכות שהושגו.
 5. קליטה והזנה של כל תוצאות הבדיקות שנסתיימו לרבות בדיקות שלא עמדו בדרישות המפרט למערכת ממוחשבת.
 6. מבנה והיקף מערך בקרת האיכות:
- ניהול מערך בקרת איכות עצמית בקרת האיכות של הפרויקט תנוהל ותבוצע באמצעות חברת בקרת איכות חיצונית למערך הקבלן, חברה זו תהיה בעלת התמחות בביצוע בקרת איכות בעבודות עפר וסלילה ובעלת ניסיון מצטבר מוכח של 3 שנים לפחות בביצוע בקרת איכות מסוג העבודות המבוצעות בפרויקט זה.
7. תחומי מערך בקרת האיכות מערך בקרת האיכות של הקבלן יכלול את מנהל בקרת האיכות ובקר/בקרי שטח נוספים בהתאם לתחומי העבודה בפרויקט.
 8. מנהל הבטחת איכות ראשי לדרוש הוספה ואו שינוי בתחומים שיוצעו ע"י הקבלן.
 9. צוות בקרת האיכות בראש מערך בקרת האיכות, יעמוד מנהל בקרת האיכות (להלן: מב"א). בכפיפות למב"א ובכל תחום פעילות בשטח יעמדו בקרי שטח תחומיים (להלן: מבא"ת).

10. בנוסף יכללו בצוות בקרת האיכות מנהל מעבדה שילווה וירכז את מערך פעילות המעבדה בפרויקט וכן מודד מוסמך שיהיה אחראי על כל נושא המדידות באתר ובחינת התאמתם לדרישות מסמכי החוזה. מנהל הפרויקט ומנהל הבטחת האיכות יאשרו את אנשי צוות בקרת האיכות מראש לפני מינויים.

22 כתיבת מערכת איכות, נהלים ושלבי הבקרה בפרויקט:

14 יום ממועד קבלת צו התחלת עבודה יכין הקבלן באמצעות מנהל בקרת האיכות את מסמכי תכנית האיכות המתאימה לדרישות הפרויקט. המסמכים ימסרו ב- 3 עותקים לפחות ובנוסף במדיה מגנטית. למען הסר ספק מובהר, כי תכנית האיכות המאושרת מהווה חלק מהתחייבויות הקבלן כתנאי לתחילת עבודה בפרויקט. בכל מקרה הקבלן לא יוכל לבצע כל עבודה שהיא בפרויקט ללא תכנית בקרת איכות מאושרת וללא צוות בקרת איכות מאושר.

כחלק בלתי נפרד מתוכנית האיכות של הקבלן בפרויקט יכתבו נהלים לכל אחת מהעבודות המתוכננות להתבצע בפרויקט משלב הכרייה ועד לסיום ביצוע עבודות העפר באזור בחוף ושאר העבודות המתוכננות בפרויקט.

בנוסף יערוך הקבלן תכניות בדיקה ובקרה עבור כל פעילויות הייצור והעבודה בהתאם לכלל הדרישות המפורטות במסמכי ההסכם. בנהלים אלו, יושם דגש על שילוב יועצים מתחומים שונים הקשורים לתהליך המבוקר של הפרויקט, כל זאת לצורך בחינת האספקטים השונים של הפרויקט והשלבים בהם מעורב היועץ/המתכנן הרלוונטי בהחלטות מקצועיות בפרויקט.

תכנית האיכות תכלול בין היתר את הפרקים הבאים:

- נוהל אישור ספקים / קבלנים
- נוהל אישור חומרים
- תרשימי זרימה לתהליכי בקרה לכריית חול.
- רשימות תיוג
- טפסי אי התאמה ומעריך למעקב אחר אי התאמות
- נהלי מדידה
- טבלאות לריכוז בדיקות מעבדה
- נוהל מסירה למזמין כולל אופן הגשת תיקי מסירה

23 בקרת איכות שוטפת:

עם אישור תכנית בקרת האיכות ע"י מנהל אבטחת איכות, יחל הקבלן בביצוע קפדני של פעולות בקרה עפ"י התהליכים שהוגדרו בתכנית. פעולות בקרה אלו, יערכו במהלך הביצוע באופן שוטף בהתאם לדרישות ההסכם והמפרטים וכמפורט בתוכנית האיכות, נהלי העבודה ובתרשימי הזרימה המוצגים בתוכנית בקרת האיכות של הקבלן.

פעולות הבקרה יתועדו בהתאם למוצג בנהלי הבקרה הייעודים לכל סוג פעילות באתר. הנוהל יתאר את השיטה ואופן ביצוע הבקרה השוטפת על ציוד, חומרים, וביצוע העבודות באתר ואצל קבלני המשנה.

ישיבות שבועיות ב"א-ה"א

מנהל בקרת האיכות מטעם הקבלן יערוך ישיבות בקרת איכות שבועיות לדיון בנושאי הבקרה השוטפים. עפ"י שיקול דעתו יזמן מנהל בקרת האיכות ממניין תחומים נוספים ויבקש זימון מתכננים או גורמים נוספים במערך הפיקוח והבטחת האיכות. קיום ישיבות שבועיות הינו חובה. מסמכי סיכום הישיבות יופצו מערך הבטחת האיכות.

מרחק מקו החוף היינו בין 290 עד 330 מטר.
מרחק אזור השאלת חול מוצע היינו כ-1300 מטר מקו החוף (אזור מעודף על ידי הג"ס עם עומקים 15 ל-18 מטר)
גובה CREST (קודקוד) 1.5 - מטר (LSD).
מפלס קרקעית הים -4.5 מטר (LSD). וידוי התאמת מפלס קרקעית הים לתכנון, מתבצעת לפני הנחת גיאומטריות.
הנחת טיובים סמוכים תבוצע צמוד זה לזה
בשני שורות גיאומטריות הסטה/הזזה שורה אחת כלפי שורה שניה לפחות 10 מ' בכיוון צפון דרום
רוחב בד נגד זחילת גיאומטריות בתוואי המבנה לא יפחת מ-24 מטר.
העבודה תבוצע בהתאם לסיבולות המפורטות להלן:
סטייה מקסימלית:
גיאומטריות יחיד - אנכית: ± 20 ס"מ; אופקית: ± 20 ס"מ; מדודים בניצב לגיאומטריות.
סטייה מקסימלית מתוואי המבנה גיאומטריות (x,y) הינה 2 דקות.
הסטיית לא מצטברות.
למשך תקופת בדיק ותקופת תחזוקה, שקיעות גיאומטריות היחיד לא יעלה על 0.3 מטר מגובה מתוכנן
שקיעות מתייחסות לגובה מתוכנן
במקרה שקיעות מעבר למותרות, ראה סעיף 44 במסמך הזה.
ניכויים בגין אי עמידות בסיבולות נקובים בסעיף הזה מפורטות בסעיף 44.

25 **אי התאמות**

אי התאמה של אלמנטים שונים בפרויקט לרמות האיכות הנדרשות על פי החוזה, עלולה להתגלות בכל אחד משלבי הבקרה של הפרויקט. לפיכך, הקבלן יבנה שיטה לזיהוי, לבקרה ולמעקב אחר כל מקרי אי התאמות. השיטה תכלול בין היתר, גם סווג/דירוג אי התאמות בהתאם לדרגת החומרה בהתאם לדירוג הבא:

א. **אי התאמה מדרגה 1** אי התאמה קלה, יכולה להיפתר באמצעים פשוטים כמו - עיבוד חוזר או תיקון, ללא התערבות גורמי המזמין.

ב. **אי התאמה מדרגה 2** אי התאמה אשר יכולה להיפתר ע"י עצירת העבודה בקטע - וביצוע פעולה מתקנת מיידית לתיקון הבעיה או פירוק וביצוע מחדש. סגירת אי התאמה תתבצע לפחות ברמה של מנהל בקרת האיכות.

ג. **אי התאמה מדרגה 3** חריגה מדרישות המפרט והתקנים העלולה להשפיע על - ההתאמה הסופית של העבודה, או סידרה מתמשכת של חריגות ברמה של אי התאמה מסוג 2. יש צורך בהתערבות המנהל, מנהל הבטחת האיכות ו/או המתכנן. אי התאמה מסוג זה, מוגדרת כנקודת עצירה.

ד. **אי התאמה מדרגה 4** חריגה משמעותית מדרישות המפרט והתקנים, נדרש פירוק האלמנט או השכבה והחלפה בחדש, יש צורך בהתערבות המתכנן. אי התאמה המוגדרת כנקודת עצירה.

ה. כל אי התאמות, ללא הבדל ברמת החומרה יתועדו וידווחו למנהל ולמעריך

הבטחת האיכות ומנהל בשיטה שתוצג לאישור מנהל ותפורט בנהלי הקבלן. אי התאמות בדרגת חומרה 3 ו 4 ידווחו לנציג הבטחת האיכות במייד. במהלך תקופה זו, הקבלן לא יכסה שטח או ימשיך בבניית אלמנט לפני שדרך הטיפול באי ההתאמה ותוצאותיה קיבלו אישור מנהל.

ו. הקבלן רשאי להשתמש בשיטת דירוג אי התאמות שונה מהמוצג לעיל, בתנאי שתאושר מבעוד מועד ע"י מערך הבטחת האיכות.

ז. בנוסף לסווג אי התאמות עפ"י רמות חומרה, יבוצע סיווג גם על פי מקור הבעיה (ספק חומרים או מוצרים, קבלן משנה, צוות עבודה זה או אחר וכו') ויפורטו האמצעים שנקטו למניעת הישנות הבעיות.

ח. תוצאות פעילויות פיקוח והבטחת איכות מטעם מנהל או מערכת הבטחת האיכות שיגלו אי התאמות מסוגים שונים, יועברו לקבלן במתכונת של "דרישת פעולה מתקנת" הנוגעת לליקויים שהתגלו. הקבלן יטפל באי ההתאמות בהתאם לקריטריונים שפורטו לעיל.

ט. הקבלן יתעד באופן שוטף את המצב המעודכן של אי ההתאמות, הפעולות המתקנות ודוחות הדרישה לפעולות מתקנות בפרויקט. בכל מקרה, לא יתקבל שטח או אלמנט באופן סופי לפני שנמסר דו"ח מפורט הכולל את כל אי ההתאמות שטופלו ומוודא שלא נותרו אי התאמות פתוחות שטרם נפתרו. תיעוד אי התאמה, טיפול ועד סירתה ירשמו באופן רציף במסד הנתונים.

י. להלן פירוט פעילויות הניהול והטיפול השוטף באי התאמות הנדרשות: -

1 פתיחה

2 תיעוד

3 דיווח תוך 24 שעות

4 קביעת דרגת חומרה

5 קביעת תאריך משוער לטיפול

6 ניתוח

7 התייחסות לאי התאמות חוזרות -

8 קביעת פעולות מתקנות ומונעות נדרשות

9 תיעוד הפעולות שנקטו

10 התייחסות לעמידה בל"ז

11 סגירה

12. פתיחת כל אי ההתאמות שבקרת האיכות נדרשו לפתוח ע"י גורמים אחרים במסגרת ישיבות, סיורים, מבדקים, התייחסויות לבדיקות ולמדידות, התכתבויות, דו"חות פיקוח, פיקוח עליון, דו"חות הבטחת איכות וכד' ומעקב אחרי הטיפול בהן.

13. ניהול ומעקב אחרי כל אי ההתאמות משלב הפתיחה עד לשלב הסגירה, כולל ניהול טבלאות ריכוז.

יא. ניכויים עקב אי סגירת אי התאמות ועקב אי נוכחות יומיומית צמודה באתר של - - מנהל בקרת האיכות.

כללי:

כל אי התאמה תטופל על ידי הקבלן בזמן ובאיכות הנדרשת. בפתיחת אי התאמה יציג הקבלן את מועד הסיום המתוכנן לסגירה. במידה וקיימת מחלוקת בקביעת המועד רשאי המנהל לקבוע. בישיבה השבועית באתר תוצגנה אי ההתאמות הפתוחות ויינתן דיווח על ידי - הקבלן על תהליך תיקון הליקויים. במידה וחלף זמן סגירת אי ההתאמה וטרם תוקן הליקוי, תינתן לקבלן אפשרות להציג את סיבת דחיית סגירת אי ההתאמה.

חישוב הניכויים (לכל אי התאמה בנפרד):

כמות ימי איחור = הסגירה בפועל הסגירה המאושרת -

ניכוי חודשי = כמות ימי האיחור x הניכוי

ערכי ניכוי לפרויקט:

חריגה ממועד הסיום המתוכנן לסגירת אי התאמה בדרגה 1=200 ש"ח ליום

חריגה ממועד הסיום המתוכנן לסגירת אי התאמה בדרגה 2=500 ש"ח ליום

חריגה ממועד הסיום המתוכנן לסגירת אי התאמה בדרגה 3=2000 ש"ח ליום

חריגה ממועד הסיום המתוכנן לסגירת אי התאמה בדרגה 4=3000 ש"ח ליום

ערכי ניכוי עקב אי נוכחות צמודה של מנהל בקרת איכות באתר

על כל יום בו לא תהא נוכחות צמודה באתר (משמרת יום ו/או משמרת לילה) ינוכה מהקבלן סכום של 1000 ש"ח. למען הסר ספק, נוכחות מנהל בקרת איכות הינה צמודה לכל הפעילויות הקבלניות המתרחשות בשטח, בין אם העבודה נערכת ביום או בלילה. בהעדר מנהל בקרת איכות חובה על הקבלן באמצעות מערכת בקרת האיכות מטעמו להציב מנהל בקרת איכות רלוונטי לתחום הפעילות הקבלנית. הפעילות תתועד כאמור במדריך בקרת האיכות ביומן איכות יומי.

למען הסר ספק, התשלום עבור הקמה והפעלה מערכת בקרת האיכות עצמית , לא ישולם בנפרד וכלל ההוצאות הכרוכות בהקמת המערכת בקרת האיכות.

פרק ה'- ביצוע

26 בעלי תפקידים ומבנה ארגוני מטעם הקבלן

קורות חיים של בעלי התפקידים והמתכננים

יוגשו לאישור המזמין ע"י הקבלן תוך 14 ימים לאחר חתימת החוזה וכתנאי להוצאת צו התחלת עבודה.

קורות חיים של שאר המתכננים, יוגשו לאישור המזמין ע"י הקבלן תוך 30 ימים לאחר חתימת החוזה.

המזמין רשאי, עפ"י שיקול דעתו הבלעדי, לדחות, לבקשת הקבלן, את מועד הצגת בעלי תפקידים מוצעים, ובלבד שבהתאם למסמכי ההסכם הקבלן נדרש לאישור תפקיד כאמור למעלה מחצי שנה מצ.ה.ע. מובהר, כי הדחייה שתאושר על ידי המזמין תהיה בכל מקרה למועד שלא יהיה מאוחר מ- 45 ימים קלנדריים לפני המועד הנדרש לאישור בעל התפקיד הרלוונטי.

כתנאי לקבלת אישור לתחילת ביצוע העבודות המוקדמות ככל שקיימות ו/או לקבלת אישור לתחילת ביצוע העבודות לפי העניין, יידרש הקבלן לקבל את אישורו של המזמין לשמותיהם של בעלי התפקידים לשלב הביצוע (להלן "בעלי תפקידים לשלב הביצוע").

במסגרת הגשת בקשה לאישור בעלי תפקידים מוצעים, יציג הקבלן הוכחות לעמידתם של בעלי התפקידים האמורים בדרישות שנקבעו במסמך זה. המזמין שומר על הזכות לזמן לראיון אישי כל בעל תפקיד מוצע כאמור על מנת לבחון את התאמתו לדרישות מסמכי החוזה. מובהר בזאת כי היא רשימה מינימלית הכרחית נדרשת של אנשי המפתח של הקבלן. מבלי לגרוע מהאמור לעיל, על הקבלן למנות את כל אנשי הצוות הנדרשים לביצוע כלל עבודותיו בהתאם לאמור בהסכם זה.

על בעלי התפקידים להימצא באתר ברציפות, באופן קבוע ומתמיד, במשך כל תקופת התכנון וביצוע העבודות על פי תפקידם, ועליהם יהיה לעבוד תוך קשר הדוק ומלא עם המזמין. הקבלן מתחייב כי בעלי התפקידים, יועסקו על ידו בהיקף משרה מלאה, וכי בעלי התפקידים האמורים לא יועסקו בשום פרויקט אחר, או

בשום תפקיד או משרה אחרת במסגרת פרויקט זה, במשך כל תקופת התכנון והביצוע של הפרויקט. העדרות של בעל תפקיד ו/או מי מאנשי צוותו ללא רשות מראש מאת המזמין או בא כוחו, תוכל לשמש בין השאר עילה להפסקת עבודה ע"י המזמין עד לשובו של בעל התפקיד ו/או צוותו לאתר העבודה. קיום האמור לעיל לא יהווה עילה לתביעה כלשהי מצד הקבלן והקבלן מסכים כי קביעתו של המזמין בנושא זה תהיה סופית ובלעדית. במקרה של מחלה, מילואים או חופשה, ימנה הקבלן מיידית בעל תפקיד או איש צוות חלופי (לפי המקרה) שיענה לכל הדרישות המפורטות לעיל.

27 קטע ניסיון (MOCK-UP).

במסגרת הליך ההתארגנות על הקבלן לבצע קטע ניסוי בתוואי הנחת הגיאומטריים. קטע ניסוי היה חלק בלתי נפרד ממבנה עתידי. לפחות 2 הגיאומטריים יוניחו לשביעות רצון מתכנן ובנוכחותו פיזי באתר העבודה. **לא ישולם לקבלן שום תמורה בניפרד עבור קטע ניסיון, מחיר פרויקט יכלול כל ההוצאות לכך.**

28 דרכי גישה לאתרי התארגנות, אתרי עבודה:

הקבלן יתכנן ויאשר דרכי גישה לאתרי התארגנות ו/או לאתרי עבודה בכלל, והסדרי תנועה זמניים בפרט, אצל כלל הגורמים הנדרשים ובין היתר אצל מזמין העבודה, בעלי זכויות בקרקע, הרשויות הנדרשות, רשות התמרור המקומית ובמשטרה. לאחר קבלת כלל האישורים הנדרשים, יקים הקבלן ויתחזק הסדרי תנועה זמניים לצורך כניסות ויציאות מהאתר. מובא לידיעת הקבלן כי ייתכן וגורמים נוספים ישתמשו בהסדרי התנועה הנ"ל לאורך תקופת הפרויקט. כל דרכי הגישה אל ובתוך אתר העבודה, יוכשרו ויתחזקו באופן שוטף ע"י הקבלן ועל חשבונם. הדרכים תיסללנה באופן שתאפשרנה תנועה שוטפת של רכבו וציודו של הקבלן במשך כל תקופת הביצוע, ללא הפסקה. במידת הצורך, יספק ויפזר הקבלן מצעים, או כל אמצעי אחר, בדרכים ו/או באפיקי מים, על מנת לאפשר גישה לכל נקודה נדרשת באתר העבודה וכן יתכנן ויבצע במידת הצורך פתרונות ניקוז לדרכי הגישה.

29 ציוד נדרש לביצוע העבודות

- רפסודה מתרוממת.
- רפסודה לציוד שאיבה+גוררת.
- סירת מדידה עם ציוד מתאים לבצוע מדידות בתימטריית MULTIBEAM (רצוי מפרטים)
- ציוד צלילה מתאים לעבודה ברצף עד 4 שעות במים (קסדות) Umbilical או כל ציוד צלילה אחר שיידרש מהקבלן לצורך בצוע העבודות.
- 2 משאבות שאיבת חול כולל שעון מדידת ספיקה לצורך בקרת מילוי הגאיטיובים.
- (1 נוספת למקרה תקלות). איפיון משאבות יתאים לגודל הגאיטיובים, קטרי צנרת להזנת חול ופורטים שיתכננו
- סירת שרות באופן קבוע לצורך הגעה וירידה מרפסודה מתרוממת או כלי שיט אחר, לאנשי נהול פרויקט לפי דרישתם ובכל עת.
- לא ידרוש קבלן תשלום כלשהו עבור שירות הגעה לאזור עבודה בים וירידה לחוף / נמל העבודה (אם קיים)

- כל הציוד הימי יהיה עם תעודה מאושרת של "רשיון שיט" בהתאם לתקנות הקיימות מטעם משרד התחבורה - מנהל הספנות.
בכל כלי השיט תותקן תאורה לילית מתאימה כדרוש בתקנות, ו/או בהתאם להוראות המנהל.
העתק מתעודות רשיון השיט, והאישורים המתאימים לשימוש בכלי שיט כל שהוא יסופקו למנהל ע"י הקבלן לפני התחלת העבודה.

30 תשתיות לאתר התארגנות/שטח עבודה וכו':

אספקת מים:

ההתחברות למקור מים כולל הקווים הזמניים והמונים הזמניים ייעשו ע"י הקבלן, ובאחריותו ובכלל זה תשלום בגין חיבור ואספקת המים הדרושים לביצוע העבודה. המזמין לא יהיה אחראי להפסקות או תקלות באספקת המים, ועל הקבלן לעשות סידורים לאגירת מים ו/או לאספקה עצמית, וכל זאת כדי למנוע תקלות בביצוע הפרויקט. עם השלמת הפרויקט וכתנאי לאישור החשבון הסופי לעבודות הביצוע, ימציא הקבלן אישור מהגורמים איתם התקשר לכך שהקבלן לא נשאר חייב כסף בגין השימוש במים.

חשמל ותאורה זמנית:

אחריות אספקת החשמל והתשלום עליו חלה על הקבלן. ההתחברות אל מקור הזרם והתקנת מונים זמניים תעשה על-ידי הקבלן בתאום עם חברת החשמל. במידה וידרשו עבודות, חומרים ואביזרים שונים לביצוע ההתחברות, הם יסופקו על-ידי הקבלן. המזמין לא יהיה אחראי להפסקות ו/או תקלות באספקת זרם החשמל. אופן ההתחברות יבוצע לפי הוראות חברת החשמל ולפי חוקי החשמל והבטיחות של משרד העבודה וכן לפי הוראות נוספות ומשלימות של המזמין וכל זאת על-ידי הקבלן.
הקבלן יתקין תאורה באתרי הבנייה לכל צורך שהוא ולפי דרישת המזמין.
עם השלמת העבודה וכתנאי לאישור החשבון הסופי לעבודות הביצוע, ימציא הקבלן אישור חברת חשמל לתשלום כל חשבוניותיו.
התשלום בגין ההתחברויות והאספקות לתשתיות ייעשה ישירות מהקבלן לרשויות ו/או ולבעלי התשתיות הרלוונטיים (לפי העניין).

31 שילוט הפרויקט:

הקבלן יתקין ויספק שלטים על פי המפורט להלן, מיד לאחר קבלת הוראות המזמין.
הקבלן יתקין 2 שלטים בגודל של לפחות 4.5 מטר על 4.5 מטר כ"א עפ"י הנחיות המזמין.
תוכן ומיקום התקנת השלטים יקבע על ידי המזמין לפני תחילת ביצוע השלט ויכלול, אם לא נאמר אחרת, לכל הפחות:

- שמה של חברת אתרים וה"לוגו" שלה.
- מהות הפרויקט והעבודות המבוצעות - כולל תיאור גרפי (חתך או הדמיה).
- פרטי הקבלן.
- פרטי המזמין.
- פרטי חב' ניהול.
- מנהל העבודה +נייד

על גבי כל שלט תבוצע הדמיה ממוחשבת צבעונית ברמה גבוהה על פי דוגמה שתימסר לקבלן לפני תכנון השלט, במידות שיקבעו יחד עם מתכנן השלט מטעם הקבלן ועל פי הוראות המזמין. ההדמיה תתוכנן על ידי הקבלן בהתאם לתכנון הממוחשבת שבוצעו על ידי הקבלן ואושרו על ידי המזמין, או הדמיה אחרת

שתימסר על ידי המזמין. קובץ ממוחשב של השלט עם ההדמיה יימסר למזמין בסוף התהליך, לאחר שאושר על ידי המתכנן מטעם הקבלן, ועל הקבלן לקבל את אישור המזמין טרם ייצורו. תכנון ההדמיה יעשה על ידי בעל מקצוע המתמחה בכך (הקבלן יציג מספר דוגמאות של הדמיות קודמות שתכנן מתכנן ההדמיה) וברמה גבוהה. הקבלן יתקין 5 שלטי הכוונה, בדרכים הקיימות, במיקום וכיתוב על פי הנחיית המזמין. כל שלט יהיה בגודל של לפחות 1.5 מטר על 1.0 מטר.

מיקום מדויק של כל השלטים, עיצובם וכיתובם ייקבעו ויאושרו על ידי המזמין טרם הביצוע. השלטים יותקנו על עמודי ברזל מתאימים עם תמיכות מתאימות ויסודות בטון שיבטיחו עמידותם של השלטים לכל תקופת הפרויקט. בטרם יזמין את ביצוע השלטים אצל בעל מלאכה, יגיש הקבלן לאישור המזמין תכנית מפורטת של מבנה לכל סוג שלט, ביסוסו, עיגונו ואופן הצבתו. ביסוס השלטים יאושר ע"י מהנדס מבנים רשוי, מטעם הקבלן ועל חשבונות יכלל במחירי היחידה. על הקבלן להביא בחשבון, כי יתכן שבמהלך הפרויקט יידרש לשנות את מיקומו של איזה מהשלטים האמורים בפרק זה, כתוצאה מאילוצים של התקדמות העבודות או עקב דרישות של רשות רלוונטית או מכל סיבה אחרת.

הקבלן יישא באחריות לרישוי, אספקה, התקנה (לרבות התקנה חוזרת) ולתחזוקת השלטים, לרבות תשלום אגרת השילוט לעירייה, ותיאומים נדרשים, ככל שיידרש, ביחס לכל השלטים שיציב באתר למשך כל תקופת הימצאות השלטים במקום.

על הקבלן לתחזק את השלטים הקיימים באתר וכן את השלטים שיקים בעצמו ובכלל זה באתרי ההתארגנות, העבודה, דרכי הגישה וכיו"ב, בעצמו, אלא אם הורה המזמין אחרת.

32 מבנים ארעיים לניהול ופיקוח.

על הקבלן להקים בעצמו ועל חשבונות, באתר העבודה ו/או נמל העבודה (אם קיים) ו/או רפסודה מתרוממת (JUB) ו/או במקום אחר לפי בחירת המנהל, (במקום בו הוא ייבחר ויאושר ע"י המזמין) ולתחזק על חשבונות, לפי דרישות מפורטות והוראות מנהל הפרויקט, מבנים לשימוש מנהל הפרויקט, מנהל אבטחת האיכות, המפקחים, המתכננים והיועצים. כל היתר, רישיון או תשלום במידה ויידרשו עפ"י דין לצורך הקמת המבנה הינם באחריות ועל חשבון הקבלן. למזמין אין התנגדות שמשרדי הקבלן ימוקמו בסמיכות למשרדי מנהל הפרויקט, בתנאי שהם יהיו יחידה משרדית נפרדת לחלוטין.

אתר התארגנות של הקבלן / רפסודה או מקום אחר לפי בחירת המזמין, יכלול בין היתר את האלמנטים הבאים:

א. מבנה לשימוש המנהל, שיהיה מתאים לעבודה משרדית, זאת במקום שיאושר על ידי המנהל, ולפי הדרישות המפורטות להלן והוראות המנהל. כל היתר, רישיון או תשלום במידה ויידרשו עפ"י דין לצורך הקמת המבנה הינם באחריות הקבלן. אין התנגדות שמשרד הקבלן ימוקם בסמיכות למבנה המנהל, בתנאי שהוא יהווה יחידה משרדית נפרדת לחלוטין. על הקבלן להכשיר בצמוד למבנה המנהל משטח חניה מאספלט עבור לא פחות מ- 5 כלי רכב לשימושם הבלעדי של המנהל ואורחיו. המבנה הנ"ל וחניותיו הצמודות יוקמו וימסרו לשימוש המנהל תוך **לא יאוחר מ- 30 ימים** קלנדאריים, ממועד מסירת צו התחלת העבודה לתכנון. המבנה יכלול:

-**מבנה מסי 1** עבור משרדו של המנהל, בשטח נטו לא קטן מ- 20.0 מ"ר עם מטבחון וכן מקרר משרדי ומתקן מים חמים/קרים כולל אספקת מים סדירה ורציפה. המכולה תצויד בדלת וחלון עם סורג אטומים לרוח וניתנים לנעילה, 4 נקודות כח, נקודת חיבור מזגן, נקודות מאור עם גופים פלואורסצנטיים 36 * 2 וריהוט. -חדר שירותים ננעל, שיכלול אסלות וכיור לשימושם הבלעדי של המנהל ואורחיו. השירותים יחוברו למערכת הביוב.

-**מבנה מסי 2** מכולה במידות 3.00 * 2.50 מ' המכילה, מטבחון וכן מקרר משרדי ומתקן מים חמים/קרים כולל אספקת מים סדירה ורציפה. המכולה תצויד בדלת וחלון עם סורג אטומים לרוח וניתנים לנעילה, 4 נקודות כח, נקודת חיבור מזגן, נקודות מאור עם גופים פלואורסצנטיים 36 * 2 וריהוט כמפורט. -מיקום הצבת המבנה מסי 2 -**מיקום על רפסודה** מתרוממת או מקום אחר לפי הנחיות המנהל.

- מטבחון למבנה 1 הכולל ארון מטבח קטן תחתון הכולל 2 דלתות, מתקן מים חמים וקרים מסוננים לשתייה כדוגמת מי עדן או שו"ע לכל אורך הפרויקט, כוסות למים חמים וקרים, קפה, תה וסוכר לכל אורך הפרויקט.

- כל מתקני מיזוג אויר לפעולת איזורור, קירור וחימום לכל חדר בהספק של 2 כ"ס לפחות.

- ריהוט וציוד לשלושה (3) מבנים תקין ושלושה (3) מחשבים, באישורו של המנהל ולשביעות רצונו, אשר יירכש על ידי הקבלן ועל חשבונו (כולל ריהוט משרדי,

- מחשב נייד (מסוג- מעבד, Intel Core i9-8700 3.2GHz לוח אם H370 דיסק קשיח 1, SSD 240GBp'oTB, כרטיס מסך, NVIDIA GeForce GTX1060, מסך 15.6 " כולל מערכת הפעלה),
- מדפסת A3 ומכונת צילום).

- חיבור המבנים למקור מתח חשמל ולמים ותשלום כל הוצאות בגין החיבור והצריכה השוטפת, באחריות הקבלן ועל חשבונו.

- חיבור המבנים לקו "בזק" ותשלום כל ההוצאות בגין החיבור והצריכה השוטפת, באחריות הקבלן ועל חשבונו.

אופני מדידה לתשלום: הקבלן יכלול את עלויות אספקת ואחזקת המבנים, ציוד משרדי, משחב כמתואר לעיל במחירי חוזה ולא תשולם בניפרד.

33 ישיבות תאום ודיווחים במהלך הפרויקט :

תקיימנה ישיבות שוטפות לצורך תאום העבודות בתדירות של אחת לשבוע לפחות, בהשתתפות המזמין, וצוות הקבלן ובכלל זה המזמין והמתכננים הרלוונטיים מטעמו. במקרה הצורך ישתתפו בנוסף גם נציגים של המזמין ו/או בקרי תכנון מטעמו, או כל מי שיידרש על פי החלטת המזמין על פי העניין.

על הקבלן להזמין לישיבות אלה, לפי הוראת המזמין, קבלני משנה, קבלנים ממונים וספקי הציוד ו/או המוצרים וכל גורם רלוונטי אחר, אשר לדעתו של המזמין נחוצים לתאום פעילויות התכנון, הייצור, הביצוע והמסירה.

הקבלן, קבלני המשנה וכל אחד מעובדיו, מחויבים להשתתף בישיבות התאום השונות, במועדים ולמשך כל זמן שיידרש על ידי המזמין.

דרישות מינימום לתכיפות הישיבות:

תדירות חודשית: ישיבת התקדמות ולוחות זמנים ברמת הנהלה, ישיבת בטיחות מורחבת.

תדירות שבועית: ישיבת התקדמות ונושאים פתוחים, ישיבת בטיחות, סיור בטיחות, ישיבת בקרת איכות ואי התאמות, ישיבת תתי מערכת על פי הצורך.

- 33.1 גבולות העבודה בחוזה זה מפורטים בתוכנית (ראה נספח מס' 11)
- 33.2 לימוד קרקעית הים בכל האורך מבנה גיאומטריים ולרוחב 50-60 מטר מציר המבנה יבוצע במסגרת תכנון, ביחס לדרישות החוזה, למפלס תחתית גיאומטריים לא פחות מ-4.5 מטר (מינוס 4.5) עומק קרקעית הים, דהיינו, לא יותר גבוה. מפלס קודקוד הגיאומטריים לא אעלה ממפלס 1.5- (מינוס 1.5) .
- 33.3 יש לקחת בחשבון העמקה א/ו מילוי תחתית תוואי מבנה גיאומטריים לכל הרוחב מבנה שתתקבל כתוצאה מתכנון.
- 33.4 יש להמנע מהנחת הגיאומטריים על סלעי כורכר בהתאם להנחיות הג"ס. בנוסף לכך נידרש מרווח של כ- 30 מטר לפחות בין המתקן ובין הסלעים.
- 33.5
- 33.6 במסגרת תכנון יבוצע סקרי צלילה הן בכל תוואי המבנה והן בכל אזור השאלת /כריית חול, כחלק מתהליך התכנון, תוצאות סקר צלילה יעברו למזמין .
- 33.7 בזמן התכנון, יש לבצע pricking, לוודא על ידי צוללנים עומקי חול באזור השאלה /כריית חול כולל מיפוי והטלת בדיקות לאפיון חול והתאמתו לסוגי בד גיאומטריים. תוצאות להציג בפורמט דיגיטאלי למזמין . בדיקות חומר נוטל יבצעו ע"י מעבדה מוסמכת מטעם הקבלן ועל חשבונו.
- 33.8 תכנון וביצוע של כריית חול (לרבות אישור מאפייני החול) לצורך מילוי שקי הגיאומטריים, לפי פוליון /ים התוחם את שטח הכריה כפי שאושר על ידי הג"ס
- 33.9 מנהל התכנון מטעם הקבלן (כהגדרתו בהסכם) יהיה האחראי ואיש הקשר מטעם הקבלן לביצוע נוהל אישור התכנון, לרבות ריכוז תאום והובלת הצוות התכנוני של הקבלן, ריכוז ותיעוד העברת תוצרי התכנון של הקבלן למזמין, קבלת הערות המזמין על התכנון וביצוע בקרה על השלמת והטמעת התיקונים הדרושים במסמכי התכנון עד לאישורם לשביעות רצונו המלאה של המזמין.
- 33.10 מבלי לגרוע ממסמכי ההסכם ובפרט מהאמור בפרשה הטכנית, יכללו מסמכי התכנון שיוכנו על ידי הקבלן בין היתר, חישובים סטטיים (כולל חישוב יציבות המבנה), תכניות, מפרטי תכנון, מפרטי ביצוע, מפרטי חומרים, מפרטי מוצרים, חישובים, מפות טופוגרפיות, תצלומים דיגיטאליים, תצלומי אוויר, לוחות זמנים, קריטריוני תכנון, דוחות הנדסיים כולל דוחות היתכנות, חוות דעת הנדסיות, נוהלי בקרת איכות והבטחת איכות.
- 33.11 מדידות/סקרים הנדסיים שנדרש הקבלן לבצע הן בתוואי גיאומטריים והן באזור/ים כריית חול למילוי.
- 33.12 מדידה עדכנית בתחום שייקבע ע"י המזמין
- 33.13 זיהוי הרכב שכבות קרקעית הים בתחום ועומק.
- 33.14 התכנון יציג את עבודות ההכנה שיש לבצע לפני הנחת המזרון וייתייחס לתוואי ההנחה המפורט שבו תבוצע ההנחה.
- 33.15 תכניות תעברו למזמין גם בפורמט DWG, גם בPLT, גם בPDF, מדידות
- MULTIBEAM
- בפורמט קבצי ASCII, לפי דרישות המפרט הזה .

The tubes will be manufactured with a reinforcement and filtration geosynthetic that is CE marked.

It can be either a geotextile providing each of the following characteristics, or a geo-composite combining at least two geo-synthetics with complementary characteristics in a durable manner.

Geotextiles shall have the following minimum characteristics:

- Type of material: Woven and/or non-woven geosynthetic needled with continuous filaments
- Type of polymer: Polypropylene with long life additive in marine environment, or polymer with at least equivalent characteristics in terms of physical properties and durability for application in marine environment.
- Tensile strength according to ISO 10 319 :
 - in production direction ≥ 190 kN/m
 - in cross direction ≥ 190 kN/m
- Elongation at break according to ISO 10 319 :
 - in production direction ≤ 15 %.
 - crosswise ≤ 15 %.
- Tensile strength at 10% according to ISO 10 319 ≥ 150 kN/m
- Tensile strength at 5% to ISO 10 319 ≥ 55 kN/m
- Punching resistance according to ISO 12236 ≥ 20 kN
- Dynamic perforation according to EN 918 ≤ 6 mm
- Resistance to thermal oxidation according to EN 5132 class B
- Xenon test (50 MJ/m²) according to ENV 12224 UTS ≥ 80
- Tensile strength of seams according to ISO 10321 ≥ 150 kN/m
- Normal permeability to ISO 11058 plane at h 50 mm ≥ 500 l/m²/min
- Filter aperture according to ISO 12956 50 ≤ 110 microns

The manufacturer will provide the client with a test to check the strength of the seams made. The seams shall have a strength equivalent to that of the geosynthetic on which they are made, at least 150 kN/m.

If a woven geosynthetic is combined with a non-woven geotextile in order to achieve the above-mentioned resistance and filtration aperture conditions, the non-woven geotextile shall be connected to the woven geotextile by sewing or any other arrangement of equivalent effectiveness at intervals of approximately 50 cm.

The design study will clearly indicate whether an anti scouring mat is or not necessary, or if an anti puncture sandy bed or geosynthetic mat is to be installed.

Due to the nature of the support soil and the design of the structure, it will be necessary to protect the support soil before the pipe is laid to avoid any risk of scouring later on using an anti-scouring geotextile, made of large panels, laid in the same direction as the pipes and before the pipes, and having a ballast system on both sides, will make it possible to avoid the risk of scouring while being stable (no twisting, folding, etc.) during the implementation or operational phase. during implementation or in the operational phase). The panels will have the following maximum dimensions: 24.00 m wide x 20.00 m to 40.00 m long each.

They will have ballast devices, possibly by secondary tubes of minimum diameter 0.50m, to be filled with sand by injection pumping, like the main tubes.

The overlap width between 2 successive panels shall be at least 2m.

The geotextile, subject to the approval of the project manager, shall be CE marked and shall be of the woven polypropylene type, treated with a long life additive, or a polymer with at least equivalent characteristics in terms of physical characteristics and durability. It shall be suitable for application in a marine environment.

It will have the following minimum features:

- Tensile strength, according to ISO 10319 ≥ 150 kN/m
- Elongation at break according to ISO 10319 ≤ 16 %.
- Tensile strength of seams according to ISO 10321 ≥ 50 % of the tensile strength of the geotextile
- Dynamic perforation according to E 918 ≤ 10 mm
- Filtration opening according to ISO 12956 ≤ 250 microns
- Resistance to thermal oxidation according to EN 5132 class B
- Xenon test (50 MJ/m²) according to ENV 12224 UTS ≥ 90

The geotextiles may also be fitted with fixing points every 0.50m in both directions, in order to ensure easy ballasting during immersion.

37 נקודות לבקרה בתהליך:

הגשת מדידה לאישור.

הגשת תוצאות הרכב ועומק שכבות קרקעית

הצגת תוואי מוצע סופי להנחת המזרון

תכנון ואישור מקור ותהליך מילוי החול בגאוטיובים ושולי מזרון.

הקבלן הזוכה יציג שתי חלופות מפורטות למילוי הגאוטיובים, שאיבת חול מקומי ושימוש בחול תפעולי.

מדידות / סקרים הנדסיים שנדרש הקבלן לבצע.

בדיקות קרקעית הים לזיהוי עומק להרכב שכבות קרקעית הים וכן כל בדיקה נוספת נדרשת לאפיון

החול, ולבחינת התאמתו לחומר מילוי, והתאמה סביבתית בנוסף הבדיקות יבוצעו גם בתחום שמיועד

לשאובה מקומית וגם בתחום שמוגדר כמאגר חול תפעולי, אשר ככל הנראה יורכב ממספר תתי מיקומים.

התכנון יציג את ממצאי הבדיקות הנ"ל ואת תהליך המילוי המוצע מכל אחד מהחלופות המוצעות.

38 נקודות לבקרה ואישור בתהליך:

הגשת ממצאי בדיקות לאישור המזמין
הצגת תהליך המילוי המוצע לאישור המזמין
הצגת ממצאי הבדיקות ותהליך המילוי לאישור משרד להגנת הסביבה.
תכנון מידות מזרון הנחה והרכב הבד לרבות התייחסות לנושא פתחי מילוי ומשך חיים מתוכנן של המתקן, המתכנן מטעם הקבלן יתכנן בהתאם לממצאים שנאספו על ידו את מידות המזרון ואת הרכב הבד, כולל התייחסות לנושא פתחי המילוי.

תכנון נתונים שנדרש הקבלן לבצע / לספק:

תכנון הנדסי לחישוב מידות המזרון.
הצגת עמידה במפרט של הרכב בד המזרון (בהתאם לדרישות המסמך)
חישוב יציבות המבנה
הצגת משך חיים מתוכנן של המזרון, בד גיאומטרי ותפירות (חוטים וכ').
הצגת חישובים הנדסיים לעמידות פתחי המילוי.
הקבלן יציג את הנתונים המסמכים הנ"ל לאישור לפני תחילת עבודות הקמת גיאומטרים.

39 תכניות ומסמכים מחייבות שימסרו ע"י המזמין

להלן רשימת תוכניות מחייבות את הקבלן במסגרת הליך התכנון :

- תכנית התוואיה כללית, כולל אזור השאלת חול למילוי משואר של כל הפרויקט **נספח 11**.
- מודלים הראשונים. - **נספח מס' 12**
-

40 תנאים לתחילת ביצוע העבודות.

- 39.1 תנאים להתחלת הביצוע:
- 39.2 הקבלן יתחיל את עבודות הביצוע בשטח רק לאחר שבוצעו והושלמו במלואן הפעולות הבאות:
- 39.3 הגשת תכנון מבוסס על תנאים לפי מודלים, אישור מקור כריית חול למילוי גאומטריים, קבלת ואישור כל בדיקות חול להתאמת לדרישות התכנון.
- 39.4 קבלת היתר בניה כדין.
- 39.5 אישור לוחות זמנים להקמה, מסירה ותחזוקה.
- 39.6 אישור ומינוי צוות נדרש לשלב ביצוע.
- 39.7 השלמה ואישור תכנית בקרת איכות.
- 39.8 השלמה ואישור תכנית בטיחות.
- 39.9 קבלת אישורים מכל הגופים הנדרשים.
- 39.10 כל ההוצאות עבור קבלת היתר וישומו חל על הקבלן וכלול מחיר הצאתו.

41 תיעוד הביצוע

גיחה - הפעלת כלי אווירי לצורכי צילום ואיסוף מידע.

"צילום אווירי" – תיעוד באמצעים דיגיטאליים המותקנים על גבי רחפן, לרבות איסוף ענן נקודות לשימושים הנדסיים וכל מידע אחר הניתן לאיסוף על ידי האמצעים המותקנים על גבי הרחפן.

רחפן - כלי טיס בלתי מאויש המשמש לצורכי צילום ועיבוד נתונים. לצורך ניטור תנועה, יש לעשות שימוש ברחפן מסוג רב להב (DRONE)

הצילום האווירי ועיבוד נתוני הצילום למשך תקופת ביצוע במהלך הביצוע, הקבלן יתעד את עבודתו באופן

הבא:

41.01 צילומי וידאו צבעוניים בכמות ואיכות אשר יאפשרו עריכת סרט באורך כ- 15 דקות לכל הפרויקט; צילום סטילס דיגיטאליים צבעוניים של שלבי העבודה השונים, בתדירות שלא תפחת מאחת לשבוע, ובכל שבוע לא פחות מ 20 צילומי סטילס לרבות צילומי יום וצילומי לילה, **איכות וידאו K4**.
צילומי אווירי ע"י רחפן (ORTOPHOTO) צבעוניים של אתר העבודה כולל נמלי העבודה (עם קיים) ורצועת חוף רוחב 400 מטר (כולל אזור הנחת הגיאומטריים) לאורך כל הפרויקט, **מידי שבועה**.
תוצאות תוגש בפורמט TIFF, georeff וקובץ בפורמט LAS.

41.02 פעם בחודש תבצע קבלן מדידות בתימטריות Multibeam בכל פוליון העבודה הן בכל תוואי הנחת גיאומטריים, והן בכל האזור השאלת חול (SB,MB,RTK) לצורך מעקב ביצוע הפרויקט.
תוצאות של כל מדידות תוגש קבלן בקבצי RAWDATA של המכשירי מדידה הן SB הן MB והן RTK. כמו כן תעביר קבלן קבצי XYZ (ASCII) REG, DIS.

41.03 תבצע קבלן **מידי שבועיים** סקרי צלילה מקיף כולל צילום וידאו תת ימי. הסקר יכלול את כל אורך גאומטריים משני צדדיהם דו"ח צלילה אלוה במסמך הסבר מסודר לשבעיות הרצון מנה"פ.

41.04 תחילת תיעוד האתר בכל האמצעים שלעיל, יתבצע מייד עם תחילת העבודות באתר וזאת לאחר תיעוד האתר במעמד מסירתו לקבלן.

41.05 לצורך מעקב בצוע יום יומי או בהתאם להתקדמות אצלם קבלן צילומי אוויר ברחפן עם יכולת צילום ברזולוציה לא פחות מ 4K באזור הנחת הגיאומטריים באותו יום עם חפיפה לגיאומטריים הסמוך.

41.06 לצורך מעקב יום יומי יבצע קבלן מדידות ווידוי מיקום וגובה הנחת הגיאומטריים לפי תכנון באזרת מודד מוסמך מסירה עם פריזמה GPS.

לא ישולם בנפרד וכלל ההוצאות הכרוכות לביצוע כל סוגי צילום רחפן, צלילות והגשת תוצאות מחירים יכלולו במחירי הפרויקט.

42 מדידות וסימון

מוצא למיקום ולגבהים יהיה הצלעון וה- **B.M** המסומנים בשטח.

כל מדידה שתתבצע בפרויקט לפני התחלת הביצוע ובמהלכו, תתבסס על 3 נקודות בקרה אופקיות (פוליון) ועל 2 נקודות בקרה אנכיות **BM**. על המודד לבדוק אם המדידה עומדת בסטייה המותרת, במידה ולא, להתקשר לנקודות בקרה נוספות.

חובה על הקבלן לאחוז בכל האמצעים להבטחת קיומן ויציבותן של נקודות הצלעון וה- **B.M** במשך כל זמן העבודה. עפ"י הוראות מנהל הפרויקט, יקבע מודד הקבלן על חשבוננו של הקבלן, נקודות מוצא נוספות למיקום ולגבהים, מחוץ לגבולות העבודה. נקודות אלו תהיינה יציבות להנחת דעתו של מנהל הפרויקט והן תימדדנה ותחושבנה ביחס לצלעון שיימסר בשטח, ע"י מודד הקבלן.

לקבלן ימסרו נקודות קבע של קווי פוליון ונקודות קבע לגבהים על ידי מודד המתכנן/או מודד המזמין עפ"י החלטת מנהל הפרויקט. על הקבלן לבדוק סימון זה התאמתו לרשת הארצית ולעצמים קיימים בשטח ולדווח על כל אי התאמה.

במידה ולא דיווח הקבלן על אי התאמה בתוך 14 יום מיום קבלת צו התחלת עבודה כאילו הסכים לתוכנית המצב הקיים ללא כל ערעור.

43 מדידת מצב קיים של אזור הנחת הגיאומטריים, פוליגון/ים השאלת חול למילוי הגיאומטריים וסביבתו .

- 7 ימים מיום קבלת צ.ה.ע. לביצוע וטרם התחלת הפרויקט, יבצע הקבלן מדידת מצב קיים של פוליגון מיועד להקמת הגיאומטריים וסביבתו. המדידה תכלול את הפרטים הבאים :
- מדידה בתימטרית באמצעות סונר רב אלומה (MULTI BEAM SONAR). המדידה הבתימטרית תבוצע לכול אורך תוואי הגיאומטריים וברוחב של 50 מטר מכל צד מ-CL ברשת 1X1
 - מדידה טופוגרפית באזור שלא נגיש לציוד מדידה בתימטרית תתבצע באמצעות RTK (מודד ביבשה וסירה עם פריזמה במים). עם חפיפה של לפחות 10 מ' עם מדידה בתימטרית.
 - הקבלן יסמן נקודות קבע GCP, יבצע צילום באמצעות רחפן, ויפיק מן התמונות מודל תלת מימדי של המצב הקיים. המודל יופק בתכנת PIX4D או שווה ערך מאושר. המדידה תעוגן לרשת ישראל החדשה באמצעות נקודות ה GCP שסומנו טרם ביצוע הצילומים.
 - המדידה תבדק ע"י מודד המזמין ורק לאחר אישור המדידה, יורשה הקבלן להתחיל בביצוע העבודות בשטח.
 - תוצאות המדידה יהיו בסיס לתכנון ע"י מתכנן מטעם הקבלן במסגרת פרויקט DB.
 - מלבד המדידות האמורות לעיל, יבצע הקבלן סקר צלילה מקיף כולל צילום וידאו תת ימי. הסקר יכלול את כל אורך תוואי גאומטריים וברוחב כ 50 מטר ובתחום פוליגון/ים להשאלת החול למילוי הגיאומטריים.
 - לאחר השלמת המדידות, יגיש הקבלן למנהל סט תכניות במדידה דיגיטאלית ובעותק קשיח (כולל נתונים גולמיים ממכשירי המדידה השונים בהתאם לבקשת המנהל).
 - התכניות תכלולנה תנוחה בציון קווי עומק כל 0.5 מטר וחתכים לרוחב כל 5 מטרים.
 - על בסיס התכניות (אשר אושרו ונבדקו ע"י מודד המזמין), יבוצעו תכנון ע"י מתכנן הקבלן.
 - תוצאות של כל מדידות תוגש קבלן בקבצי RAWDATA של המכשירי מדידה הן SB הן MB והן RTK. כמו כן תעביר קבלן בקבצי XYZ (ASCII), REG, DIS.
 - הדרישות הנ"ל מתייחסות לכל המדידות, סקרים וניטורי במשך הפרויקט, כולל תקופת בדק ותקופת התחזוקה.
- לא ישולם בנפרד כל ההוצאות הכרוכות בביצוע מדידות, סקרים, צילומי רחפן והגשת תוצאות. מחירים יכללו במחירי הפרויקט.**

44 תכנית תחזוקת ואחזקה המבנה (עבור שנת בדק(1) ושלוש (3) שנות תחזוקה).

- מפרט מתייחס לתהליכי בדק, שנה אחת(1) ותחזוקה לשלוש (3) שנים עם אופציה להארכה לעוד שנתיים (2).
 - יתחזק קבלן מבנה גאומטריים למשך 3 שנים מתום מסירת המבנה לאחר סיום שנת בדק אחת(1). במסגרת החוזה תמשך בתחזוקת המבנה גאומטריים כדלכמן :
 - שלוש (3) שנות תחזוקה כחלק בלתי נפרד מההסכם .
 - אופציה להארכת תחזוקה לשנתיים (2) נוספים, כל פעם לשנה (1) אחת בלבד.
- 44.01 הליך תחזוקה למשך שלוש (3) שנים מתום סיום שנת בדק (1) אחת.
- 44.02 ניטור המתקן במשך שנת בדק ובמשך 3 שנים לאחר מסירת הפרויקט.

44.03 פעולת ניטור לפי הנדש בחוזה הקבלן יפיץ דו"ח תוצאות הניטור לניהול הפרויקט ולמזמין. פורמט הד"וח יקבע על ידי המזמין.

44.04 ביצוע ניטורים, עבור שנת בדק(1) ושלוש (3) שנות תחזוקה במשך כל שנת בדק ותחזוקה בסה"כ ארבע שנים (4)

44.05

יש לבצע ניטור מצב גיאומטריים בתדירות כדלקמן

44.04.01 מידי חודש :לבדוק מיקום גיאומטריים ביחס לתכנית עדות שנמסר בסיום הפרויקט.

44.04.02 מידי שבועיים סקר צלילה לבדיקת תקינות בד גאומטריים (פגיעות, חיתוך, קריעות וכ') כמו כן יש לבדוק כל הפורטים ולהוציא דיווח בפורמט שיקבע על ידי המזמין.

44.04.03 מידי חודש לבצע צילומי רחפן עם הגשת תוצאות לפי דרישות סעיפים לצילומי רחפן במפרט .

44.04.04 הגשת תוצאות לא יאוחר מ-72 שעות בתום סיום כל ניטור. במידה ובמהלך הצלילות ו/או הליך הניטור גילה הקבלן פגיעה פיזית בגאומטריה, עליו להגיש באופן מיידי ולא יאוחר מ-24 שעות דוח לגבי הפגיעה, הנזק והליך התיקון הנדרש.

44.05 יש לבצע סקרים תת ימים וצילומי רחפן (לפי מפרט צילומים) כדלקמן :

44.05.01 במשך כל שנת בדק ותחזוקה בסה"כ ארבעה שנים (4) ולכל שנה נוספת מעבר

בהתאם לאמר בהסכם הזה,

א. מדידה בתימטרית הן בתוואי המבנה בשני צידי תוואי הגיאומטריים (50 מטר רוחב לכל צד)

והן באזורי השאלת חול כולו, פעם בחצי שנה ,

ב. תוצאות המדידה יכללו בין היתר חתכים כל 20 מ' לאורך שובר הגלים והצגת המידות

העכשוויות ביחס למידות התכנון והבדיקה הקודמת.

ג. יש לתזמן את המדידה השניה בכל שנה , כך שהמדידה תוגש כחלק מהמסמכים הנדרשים לסוף שנת תחזוקה.

44.06 משך הזמן המחויבות לפתרון ע"פ דרגות החומרה בטבלה הבאה.

דרגת	סוג תקלה	משך הזמן עד תחילת טיפול בתקלה/ נזק בשבועות
3 -תאומת אי התאמה מדרגה 4 לפי מפרט ב"ה	תקלה משביתה / קריטית	5
2 -תאומת אי התאמה מדרגה 3 לפי מפרט ב"ה	תקלה חמורה	3
1 -תאומת אי התאמה מדרגה 2 לפי מפרט ב"ה	תקלה רגילה	1

כל איחור/פיגור ביישום מתן פתרונות / תיקוני / תפירות /החלפות וכ'

תוטל על הקבלן קנסות בהתאם לדירוגם לפי מפרט בקרת/הבטחת האיכות.

מושג	סוג תקלה/פגיעה/נזק
תקלה משביתה / קריטית	התפוצצות שניים ויותר גיאומטריים סמוכים
תקלה חמורה	התפוצצות גיאומטריים אחד, שקיעת המתקן בחלקו/כולו מעבר ל-0.5 מטר מגובה מתוכנן.
תקלה רגילה	פגיעה/פגיעות קלות, קריעת בד מיקומי שניתן לתפור, שקיעת המתקן בחלקו/כולו בין 0.3 עד 0.5 מטר.

44.07 לתשומת לב הקבלן המפרט לאיתור נזקים, סיווגם, דירוגם וטיפול בהם לא מבדיל מקורות פגיעות או/ו נזקים או/ו קריעות, בזדון או/ו לא בזדון או/ו שקיעות של המתקן בחלקו/כולו או/ו נזקים במזרון ההנחה וכל מרכיב אחר לרבות פגיעה בסביבה החופית, פגיעה אקולוגית, כלומר: על הקבלן לתקן כל הנזק שגרם למתקן גיאומטריים בלי להבדיל האם הנזק גרם כתוצאה ונדליזם או כפגיעת מחפצים זרים או דרך אחרת.

למען הסר ספק מוצהר לא ישולם לקבלן שום תמורה בניפרד עבור תיקוני מתקן בעקבות נזק שגרם בזדון (ונדליזם, פגיעת רובה צלילה וכו')

44.08 לא נבדיל במקורות נזקים על המבנה גיאומטריים הן מכוונים והן לא מכוונים.

44.09 כל עוד שנגרם נזק על המבנה ו/או חלקו מתחייב קבלן לבצע פעולות נידרשות ובזמן הנדרש

תהליך תחזוקה:

לאחר הגשת דיווח על נזקים, במידה והתגלתה תקלה/נזקים במהלך הניטור, יהיה על הקבלן עם הגשת הדוח להגיש גם לוי' לתיקון התקלה

יש לקחת בחשבון כמות חומר בד לתיקון ו/או החלפה גיאומטריים במהלך הזמנת חומר לצרכי ביצוע.

דהיינו: יש להחזיק במלאי בארץ, בד מזומן לעת הצורך בכמויות סבירות לבצוע שיקום לפי דרישות מנוקבים בטבלאות.

יחד עם דיווח על נזקים ולוי' לתיקונם תגיש קבלן תהליך/תהליכי טיפול בנזקים.

במקרה שקיעת המתקן בחלקו/כולו מעבר לסיבולת מותרת (סעיף 24 במסמך הזה)

בין 0.3 מטר עד 0.5 מטר על הקבלן לבצע מעקב נוסף לווידי סיבות שקיעה.

א. שקיעה עקב קרעיות בד ודליפת חול איטית, יש לתפור קרע ולנפח טיוב עד למלוו, ו

ב. במקרה שקיעת המתקן בחלקו/כולו מעבר ל-0.5 מטר, יש להחליף כל הטיובים ששקעו מעבר ל-0.5 מטר. בכל מקרה יש לבצע מעקב שקיעה ו' עד לברור סיבות שקיעה.

הליך תיקונים יכלול בין היתר מעקב ורשום כל הנזקים ע"י בקר איכות מטעם הקבלן.

אופני מדידה לתשלום: בהיעדר נזקים, התמורה עבור אחזקת תשוחרר לקבלן לאחר אישור המזמין והשלמת כל התעוד הנדרש לפי מפרט האחזקה.

במקרה :

- שחרור התמורה השנתית לקבלן לא תלויה בפעולות שננקטו על ידי הקבלן, הן בגין נזקים למבנה והן בהיעדרם, מלבד מקרה אי ביצוע תיקוני נזקים .
 - אי ביצוע תיקון נזקים לאותו שנת תחזוקה לא תשחרר תמורה שנתית לקבלן עד לסיום כל התיקונים וקבלתם ע"י מזמין . תהליך הקבלה יכלול הגשת מדידה עדכנית הכוללת חתכים כל 20 מ' והשוואת החתכים למידות התכנון ומידות הבדיקה הקודמת
 - בהיעדר נזקים, התמורה עבור אחזקת אשוחרר לקבלן לאחר אישור המזמין והשלמת כל התעוד הנידרש לפי מפרט האחזקה.
- שיבוץ תמורות ראה סעיף : אבני דרך לתשלום.

נספח מס' 6

בניית שובר גלים מול חוף הצוק

לניהול הבטיחות בפרויקט.

הוכן על ידי : יוסי שפר B.sc בבטיחות וממונה בטיחות 11/2020

עדכון 1 מתאריך 23/8/2021

הנחיות מיוחדות לנושאי בטיחות

1. כללי

המדובר בהנחיות בטיחות המתייחסות לעבודות ימיות הכוללות בניית שובר גלים המשתרע אל מול גבול חוף הצוק הצפוני הגובל בחוף הרצליה ועד אל מול סי אנד סאן, בכל מהלך העבודות על קבלן לקחת בחשבון את כל המגבלות האובייקטיביות הקיימות בשטח מבחינת דרכי הגישה, קושי בפינוי פסולת, קושי בגישה, תנאי מזג אוויר ותנאי התנועה ובמיוחד את נושא המצאות אזרחים בסמוך למקומות ביצוע העבודות. בכל זמן העבודות, יתכנן הקבלן את עבודותיו כך שבשום מקרה לא יחשוף לסכנות/סיכונים את האזרחים במקום או האנשים השוחים בסמוך לנקודות העבודה.

2. תאור העבודות

המדובר בבניית שובר גלים שעיקר העבודה תבצע בצלילות. מדובר בשיטה של הצבת שקיות גדולות מבד גיאוטקני אותם ממלאים בחול שישאב מעומק של כ- 4-5 מטר. אורך שובר הגלים שיבנה כ 900 מ'.

3. שטח ההתארגנות

אזור ההתארגנות יקבע לפני התחלת הפרויקט.

4. כלים מיוחדים לביצוע העבודות

דובר, מנוף, סירות, גוררת, צוללנים, משאבות עם צינורות. משאיות עם מנוף.

5. שעות פעילות

הקבלן יגדיר בתוכנית לניהול הבטיחות את שעות העבודה בהקמת שובר הגלים. משך יום העבודה ומתי מסתיימת הפעילות באתר. הקבלן יגדיר את תנאי מזג האוויר בהם חל איסור על ביצוע/המשך העבודות הימיות.

6. סיכונים מיוחדים

העבודה המתוכננת מאופיינת כעבודה ימיות וצלילות אשר יבוצעו ובסמוך לחוף ים פעיל ולמקומות בהם שוחים אזרחים, מצב זה יוצר סיכונים מיוחדים אשר על הקבלן להכיר ולהתייחס אליהם במסגרת ההערכות לעבודות:

6.1 הקבלן יכין תוכנית לניהול הבטיחות אשר תוגש לאישור המזמין. במסגרת התוכנית, יכין הקבלן סקר והערכת סיכונים בהתאם לשלבי העבודה לרבות עבודות צלילה בהתאם להנחיות המיוחדות הקיימות לנושאי הערכות והצלילות עצמן ובין היתר: התייחסות ותיאור עבודות הצלילה המתוכננות, סיכונים צפויים, כללי בטיחות לעבודות מתחת ומעל המים, צוות הצלילה לפני ובמהלך הצלילה, ציוד צלילה, בריאות, הדרכת צוללנים כולל תדריכים, וכל עניין אחר הכלול בבטיחות הצלילה.

- ממצאי סקר הסיכונים והפתרונות למזעור/ביטול הסיכונים יוצגו למהנדס הבטיחות מטעם המזמין ויהיו תנאי להתחלת עבודות. הסקר יכלול ויתייחס לסיכונים בביצוע העבודות ובפרט הימיות ובין היתר חלק מהסיכונים המיוחדים להמצאות אנשים בסמוך לאתר העבודות.

- יש לנהל מעקב ורישום בפנקס צלילה ע"י מפקח צוללנים הנמצא בחוף או על שובר הגלים בכל עת שנמצא צוללן במים. לא ירד צוללן למים ללא הימצאות מפקח צוללנים.

יש לסמן במצופים אזור הצלילה ולמנוע תנועת סירות/אופנועי ים בקרבת שובר הגלים. הקבלן יבצע חציצה במרחק בטוח בין שטחי העבודות ובין אזורים בהם שוחים אנשים.

- הקבלן יתכנן את דרכי הגישה של הדוברה, הסירות והכלים ההנדסיים הנדרשים לבניית השובר כך שלא יעברו באזורים בהם עלולים להיות אזרחים השוחים במקום.
- הקבלן ישלט את אזורי החוף בשלטי אזהרה מתאימים למתרחצים.

7. בטיחות בעבודה

- 7.1 ככלל, האחריות המלאה לכל נושאי הבטיחות ומניעת תאונות חלה על הקבלן. בכל מקרה ימנה הקבלן מטעמו "מנהל עבודה מוסמך" בעל ניסיון בעבודות ימיות כנדרש עפ"י החוק, העתק מינוי מנהל עבודה ותעודת ההסמכה של מנהל העבודה תמצא בידי הקבלן באתר בכל עת. במידה ומשך העבודה עולה על 6 שבועות ישלח המינוי ויאושר על ידי משרד הכלכלה.
- 7.2 הקבלן אחראי לכך שכל העבודות תתבצענה לפי תוכנית עבודה מפורטת שתוכן מראש על ידו. תוכנית העבודה תתבצע על פי שלבים מתוכננים.
- 7.3 לכל שלב המתוכנן יתבצע סקר והערכת סיכונים לפני תחילת הביצוע, אשר יהווה תנאי להתחלת הביצוע.
- 7.4 הקבלן ינקוט במידת הצורך באמצעים למניעת פגיעה ובתשתיות תת קרקעיות וימנע זיהום של החופים והים.
- 7.5 הקבלן יערך באמצעים וכלים מבעוד מועד ולפני התחלת העבודות למקרה של זיהום הים.
- 7.6 לפני התחלת העבודות יבצעו הקבלן וממונה הבטיחות של המזמין סיור במקום המיועד לעבודה ויוודא כי אין מניעה בטיחות להתחלת עבודות וכי נתקבלו כל האישורים לכך.
- 7.7 האזור בו מבוצעת העבודות יסומן ויגודר בצורה בולטת עם מצופים או שרשרת מצופים לתחום אזור העבודה כולל נצנצים למצב לילה כל 50 מטר לפחות אשר ימנע גישת אנשים בלתי מורשים (שחיינים) או כלי שיט לאזורי העבודות.
- 7.8 תוכן בקשה למשרד התחבורה להגדרת שטח סגור לעבודות שיפורסם על פי התקנות. יתפרסם השטח החופי והימי הסגור בהתאם לטווח ולחוק.
- 7.9 דרכי הגישה הבטוחות לאזור העבודות יסומנו באופן ברור כך שהכלים הימיים לא יחדרו לאזורים בהם ישנם שחיינים.
- 7.10 אחריות הקבלן ועובדיו ועל המועסקים על ידי לעמוד בכל דרישות החוק הרלוונטיות לבטיחות בעבודה לרבות:
 - א. חוק ארגון הפיקוח על העבודה, התשכ"ד – 1954.
 - ב. פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש) תש"ל – 1970.
 - ג. בתקנות הנמלים (ניהול התעבורה הימית), התשע"ח – 2017.
 - ד. תקנה להכנת תוכנית לניהול הבטיחות.
 - ה. חוק החשמל.
 - ו. תקנות או חוקים בנושאי עבודות ימיות.

ז. תקנות וחוקים בנושאי צלילה.

ח. בטיחות בצלילה תעסוקתית נהלי תפעול והתנהגות - CODES OF PRACTICE.

7.11 הקבלן ימנה למשך כל זמן ביצוע הפרויקט ממונה בטיחות מוסמך כחוק ובעל כשירות ובעל ניסיון בעבודות ימיות. ממונה הבטיחות יבצע מבדקי בטיחות בכל שבוע והדוח על ממצאיו והליקויים שנתגלו יועברו למהנדס הבטיחות של המזמין באותו יום.

7.12 על הקבלן להגיש תוכנית ארגון אתר מבחינה בטיחותית. תוכנית ארגון האתר תוגש לבדיקה ותאושר לפני התחלת ביצוע העבודות.

7.13 הקבלן ינהל פנקס כללי באתר העבודה כמתחייב על-פי החוק ולדאוג כי פנקס זה ימצא באתר בכל עת. בנוסף ינוהל פנקס צלילה.

7.14 אישור ממונה הבטיחות בכתב הינו תנאי הכרחי להתחלת העבודה.

7.15 במהלך ביצוע העבודות, יבצעו הקבלן וממונה הבטיחות סיורי בטיחות משותפים לבדיקת יישום הנחיות הבטיחות באתר.

7.16 ממונה הבטיחות רשאי להפסיק את העבודות בכל עת מחשש כי הוראות הבטיחות אינן מתקיימות או כאשר נשקפת לדעתו סכנה.

7.17 מבלי לגרוע מכלליות האמור לעיל, מתחייב הקבלן להתקין, לספק ולהחזיק על חשבונו ובהתאם לצרכי האתר ו/או בהתאם להוראות אמצעי שמירה, גידור, תאורה, תמרורי אזהרה וכל הדרוש לשם שמירה על בטחון ביצוע העבודות וביטחונם ונוחיותם של העובדים והאזרחים בחוף ובים שיהיו דרושים על פי דין או עפ"י הוראות רשות מוסמכת כלשהי.

7.18 באחריות הקבלן לוודא סריקה לאיתור תקלות/סיכונים כל יום לפני תחילת עבודה. בזמן הסריקה יתבצע רישום שיכלול את הסעיפים הבאים:

- המפגע
- אופן הטיפול.
- הגוף המטפל.
- לוח זמנים לסיום הטיפול.

8. הדרכה

- כול העובדים לרבות העובדים בים והצוללנים יעברו הדרכת בטיחות ע"י מנהל העבודה בדבר הסיכונים באתר לפני תחילת העבודה בהתאם לסיכונים המפורטים בתוכנית הבטיחות.
- כל עובד חדש יעבור הדרכת בטיחות ע"י מנהל העבודה באתר לפני תחילת עבודתו.
- מבקרים באתר יעברו הדרכת בטיחות ויהיו מודעים לסיכונים באתר העבודה כולל חובת שימוש בציוד מגן אישי.
- מבקרים הנכנסים לאתר העבודה יחתמו על קבלת הדרכת בטיחות וחובת שימוש בציוד מגן אישי.

• העובדים באתר יעברו הדרכת בטיחות אחת לשנה חודשים.

• תימסר לעובדים תמצית הסיכונים בעבודה לרבות העבודות הימיות והדרכת הבטיחות תתועד בפנקס הדרכה.

9. עובדי הקבלן

5.1 הקבלן מתחייב להעסיק על חשבונו עובדים ו/או מומחים מנוסים לרבות צוללנים, אחראיים ומקצועיים במספר ובהיקף העבודה הדרוש לשם ביצוע העבודות בבטיחות הנדרשת, ולוחות הזמנים הקבועים.

5.2 הקבלן יהיה אחראי להדרכת עובדיו, כולל עובדים חדשים המגיעים לאתר הדרכת העובדים וטפסי ההדרכה עליהם יחתום כל עובד יהיו בשפת האם של העובד, במידה וידרש יצורף מתורגמן להדרכה.

5.3 הקבלן ימסור לעובדיו את הסיכונים בעבודה, כולל בטיחות בעבודות צלילה, בציוד, כלים מכונות, כלי יד, בטיחות בעבודות חשמל ובעבודה בגובה היכן שנדרש, וכן יודא שהבינו את מהותם.

10. ציוד מגן אישי

5.4 הקבלן יספק לעובדיו, ולכל מי שמועסק על ידו, ציוד מגן אישי כנדרש בתקנות הבטיחות בעבודה, לרבות: ציוד צלילה ציוד לעבודה בגובה, נעלי בטיחות, קסדות מגן, אפודות כתומות תקניות, משקפי מגן, אטמי אוזניים וכל ציוד מגן אישי אחר הנדרש על פי דין על פי סוג העבודה המתוכננת.

10.1 הקבלן יחליף מידית ציוד מגן שהתקלקל או שאינו ראוי לשימוש בטוח.

5.5 באחריות הקבלן לוודא שכל העובדים שבאחריותו (כולל עובדי קבלני המשנה), יצוידו ויעשו שימוש בציוד המגן האישי המפורט לעיל.

11. עזרה ראשונה ופינוי רפואי

הקבלן יכין נוהל למתן עזרה ראשונה ופינוי רפואי לפני תחילת העבודה. עותק יצורף לתוכנית הבטיחות.

הקבלן יכין נוהל ואמצעים נדרשים לפינוי נפגעי צלילה לפני תחילת העבודה. עותק יצורף לתוכנית הבטיחות.

באתר העבודה תוחזק ערכת עזרה ראשונה תקנית כולל אלונקה וכן כל הציוד הנדרש לטיפול בעובדים בעבודות ימיות.

באתר העבודה ימצא רכב לצורך פינוי דחוף.

12. הפעלת כלים וציוד באתר

12.1 הפעלת כלי שיט, ציוד וכלים חשמליים, מכאניים או הנדסיים תעשה בתנאים הבאים:

א. הכלים יופעלו אך ורק עם רישיון מתאים ובתוקף.

ב. לכל כלי השיט העובדים באתר יתקבל אישור מטעם משרד התחבורה, אישור הנדסי כושר שייט, אישור לעבודה ימית, ביטוח ימי מתאים כולל רישיון משיט כנדרש וצוות מינימום בכל כלי שייט.

ג. הכלים יופעלו אך ורק עם ביטוח בתוקף.

ד. כלי השיט יסמנו עצמם בסימוני יום ולילה למוגבלי תמרון בהתאם לתקנות יום/לילה.

ה. הציוד והכלים לרבות הכלים הימיים יופעלו ע"י מפעילים מוסמכים על פי כל דין, באחריות הקבלן לוודא כי יהיו בעלי רישיון, תקף וכנדרש על פי החוק, ובעלי ניסיון ומיומנות מתאימים להפעלת הכלים.

ו. בזמן צלילות יונף דגל צלילה ביום וסימון מיוחד ללילה.

ז. כלים וציוד, המחויבים על פי החוק, יהיו תסקירים תקפים של בדיקת בודק מוסמך תסקירים אלו יהיו זמינים באתר, בכל עת, לצורך ביקורת.

ה. כלי העבודה יהיו מצוידים באמצעי בטיחות תקינים (פנס מהבהב, צפצפה שתופעל אוטומטית בעת נסיעה לאחור וכדו') כנדרש בחוק המהבהבים יופעלו באופן קבוע בעת הימצאות הרכב בתנועה.

ו. מיקום הצבת מנוף להנפות יתואם מראש עם מנהל הפרויקט. במידה ויש צורך בביצוע הנפות, יבצע הקבלן סקר והערכת סיכונים מוקדם לפני הביצוע כך שימנע התקרבות מסוכנת לכבלי החשמל או לסיכונים אחרים.

ז. במידת הצורך, תנועת כלי שיט אל האתר ואל מחוצה לו תתבצע בהתאם לתוכנית תנועה שתוכן ותאושר על ידי הגורמים המתאימים.

ח. בהתאם לתוכנית התנועה שתוכן יבצע הקבלן הסדרי תנועה ימיים זמניים.

13. פינוי פסולת ותוצרי העבודה

הקבלן יכין תוכנית תנועה לפינוי לכלוך/ פסולת. בתוכנית יודגשו דרכי הכניסה והיציאה של כלי השיט, הפינוי וההשתלבות בהסדרי התנועה הקיימים במקום תוך מתן דגש להמצאות אזרחים (שחיינים) בקרבת מקום. הקבלן ינקוט באמצעים מיוחדים למניעת שפך מזהמים לים בכל שלבי העבודות. בסיום כל יום עבודה ינקה הקבלן את הכללוך שהצטבר בסמוך לנקודות העבודה.

14. אירועים חריגים

אירוע חריג הוא אירוע שבו ארעה תאונה עם או בלי נפגעים או מצב מסוכן עם ובלי פגיעה ברכוש לרבות תאונות צלילה.

אירוע חריג הוא אירוע בו קרה שפך מזהמים לים.

כל אירוע חריג ידווח המקרה טלפונית במיידית למנהל בחב' אתרים המנהל מטעם עיריית תל אביב ישקול את המשך העבודות/ הפסקת העבודות וביצוע תחקיר.

15. עזרה ראשונה ופינוי רפואי

יש להכין נוהל למתן עזרה ראשונה ופינוי רפואי לפני תחילת העבודה. עותק יצורף לתוכנית הבטיחות.

16. ניקוד וקנסות.

בנוסף לפעילויות ההדרכה, החניכה והמבדק, ועל מנת להמריץ את החברות הקבלניות לפעול בדרך אפקטיבית להבטחת הבטיחות, יישם המזמין את שיטת הניקוד והקנסות על פי העקרונות הבאים:

א. נקודות בגין ליקויי בטיחות:

1. ליקוי ראשון 5 נקודות

2. ליקוי חוזר 5 נקודות נוספות

3. ליקוי חמור 15 נקודות

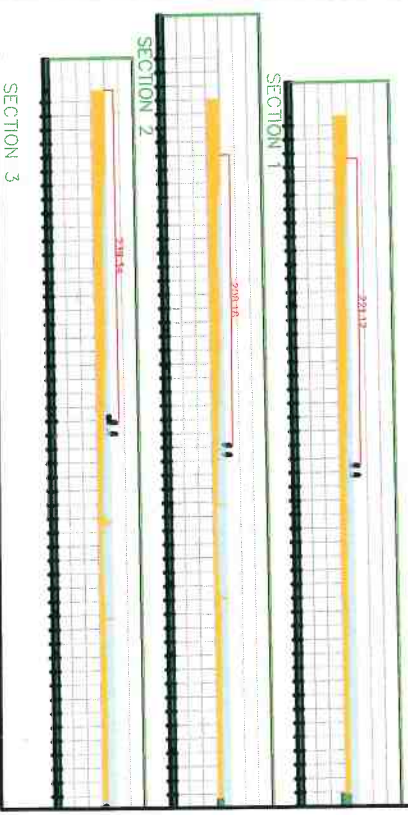
ב. הסמכות להצביע על ליקויים הקשורים לבטיחות ולסווגם, נתונה ליועץ הבטיחות מטעם המזמין או למנהל הפרויקט מטעם המזמין.

ג. גובה הקנסות:

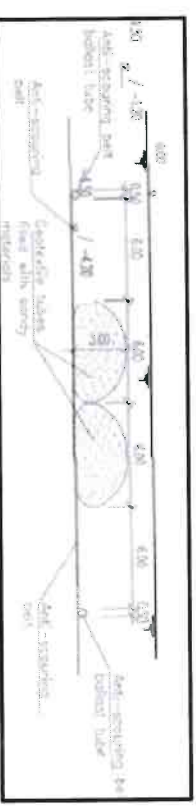
- | | |
|---|--|
| 1 | 5 נקודות תועבר לקבלן הזהרה בכתב ללא קנס |
| 2 | 10 נקודות תועבר לקבלן הודעה בכתב בדבר הטלת קנס בגובה 2.000 ש"ח |
| 3 | 15 נקודות תועבר לקבלן הודעה בכתב בדבר הטלת קנס בגובה של 5000 ₪ |

ד. הקנסות יוטלו על ידי מנהל הפרויקט מטעם מזמין העבודה, בדרך של ניכוי גובה הקנס מהתשלום הקרוב.

חתכים לדוגמא בלבד

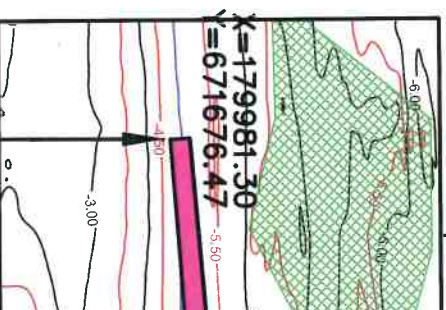


חתך טיפוס-דוגמא

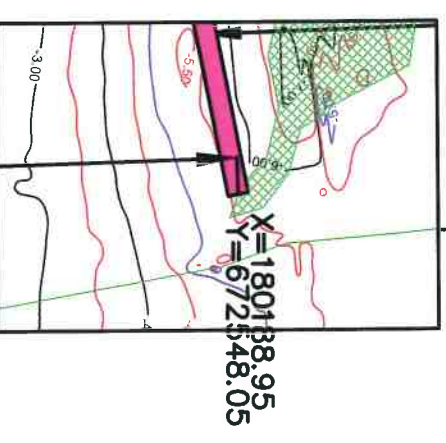


Depths and levels related to Land Survey Datum (L.S.D.)

ניקודה דרומית



ניקודה צפונית



אזור השפלת חוף מוצץ למילוי גיאומטרים בעומקים בין 15 עד 18 מטר

301813.5

מרחק מצד הנחת גיאומטריה עד לאזור השפלת חוף
min 1000 m.

min 1300 m.

סלע גידוד

תחום גיאומטרים משוער

260 m

מרחקים מנק' המוקד עד לצד הנחת גיאומטרים

325 M



TEL AVIV - YERO UNIVERSITY
AYRON LTD



100, Avenue France, France
P. 401 - 3000 Rue Cote - France
Tel: 01 47 33 11 11 - 01 47 33 11 11
E-mail: info@brl-international.com

Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers of the front of Ha'izuk beach in Tel Aviv - Yaffo, Israel

Scale: 1/500

Plan of view scale 1/500

Scale: 1/500
Model: 1/500
Date: 2002
Author: Y. Y. Y.
Editor: Y. Y. Y.
Reviewer: Y. Y. Y.

Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel)

Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory

BRL Ingénierie



In a few words...

In this report, we handle the question of the defense of the Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel, a piece of coast forced by Mediterranean storms) from a moderate erosion of the beach cliff and a progressive vanishing of the nearshore sand stock resulting in the occurrence of rocky bedrocks at some places along the emerged/immersed beach. To fight against such an erosion, a solution based on geotextile tubes has been planed. This report focuses on the determination of the geometric features of such geotextile tubes to be deployed in the nearshore zone to fight against the hazards mentioned above. To determine the best shape of the defense structures, taking into account both rheologic, environmental and engineering constraints existing for this system, a coastal shape optimization strategy is promoted. Taking into account engineering constraints, it is found that a linear geotube deployed in between 350 and 290 off the current shoreline would consist in the best solution with respect to a strict optimization methodology to control the wave energy in the nearshore zone where sediment stock vanishes. If other constraints are considered (local trough in the sand stock, sagging of the geotube,...) a best optimization+engineering location of the geotube would be around 280 – 260 m off the shoreline.

Please quote this report as follows:

BRL Ingénierie, 2017. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory. BRL Ingénierie report 17-5.

Contents

1	Introduction	3
2	Rationales & Principles	4
2.1	Why using Nearshore Optimal Theory in Hatzuk beach ?	4
2.2	Nearshore Optimal Theory practically applied to Hatzuk beach	5
3	Methodology	6
3.1	Available bathymetry and hydrodynamic data	6
3.1.1	Bathymetric data	6
3.1.2	Wind and wave data	7
3.2	Computation of water wave propagation combined with numerical shape optimization	11
3.2.1	REF-DIF model (hydrodynamic module)	11
3.2.2	Shape optimization of coastal defence structures: principle	12
3.2.3	The Global Recursive Multi-Layer Optimization Algorithm [GOA]	12
3.2.4	Global Optimization Algorithm (GOA)	15
3.2.5	General GOA implementation	16
3.2.6	One dimensional geometrical interpretation	16
3.2.7	Search of a global minimum: Examples in academic cases	17
3.2.8	Geotube parameterization	19
3.2.9	inputs for the REF-DIF model	20
3.2.10	Geotube modelling	20
3.2.11	use of a smoothing function	21
4	Results	22
4.1	The cost function	22
4.2	Grid for the computation	24
4.3	Optimal results w.r.t distance to the shoreline & incoming wave directions	25
4.4	Final comment	27
A	REF-DIF	35
A.1	Fundamentals	35
A.2	numerical implementation	36
A.3	technical abstract	37

1 Introduction

The term geotextile refers to a wide category of robust man-made woven fabrics used in civil engineering to coat granular material, to prevent clogging by fine sediment particles and for many other usages. Originally, the term geotextile tube – or simply geotube – in coastal engineering refers to decametre long and metre wide sockets made of UV-resistant geotextile adapted to marine environment which are used to be deployed mostly onto the emerged beach to stabilize sand or nearby the wave closure depth to stop losses of sediment driven by currents. Through language evolution, the term geotube now refers to any structure made of geotextile that helps the beach system to recover health. Its functions can be largely extended to the control of nearshore hydrodynamics, water levels, energy distribution, morphodynamic control by supervision of hydrodynamics. Deploying geotubes is a kind of soft engineering, or even reverse engineering in the way that it uses tentatively the proper features of the natural system to influence its intrinsic evolution rather than to dictate a behaviour based on a partial understanding of its dynamics or defined after the immediate goal to achieve.

Along the Hatzuk Beach (Fig. 1) to the North of Tel Aviv (Israel), it has been decided to deploy geotextile tubes aiming at fighting against on-going erosion of the emerged beach and abrasion of the cliff foot observed at several locations (BRL Ingénierie, 2017c). More generally, expectations are placed in the ability of such a type of defense structures to protect the whole nearshore beach system and to favor a beach widening of several tens of meters.

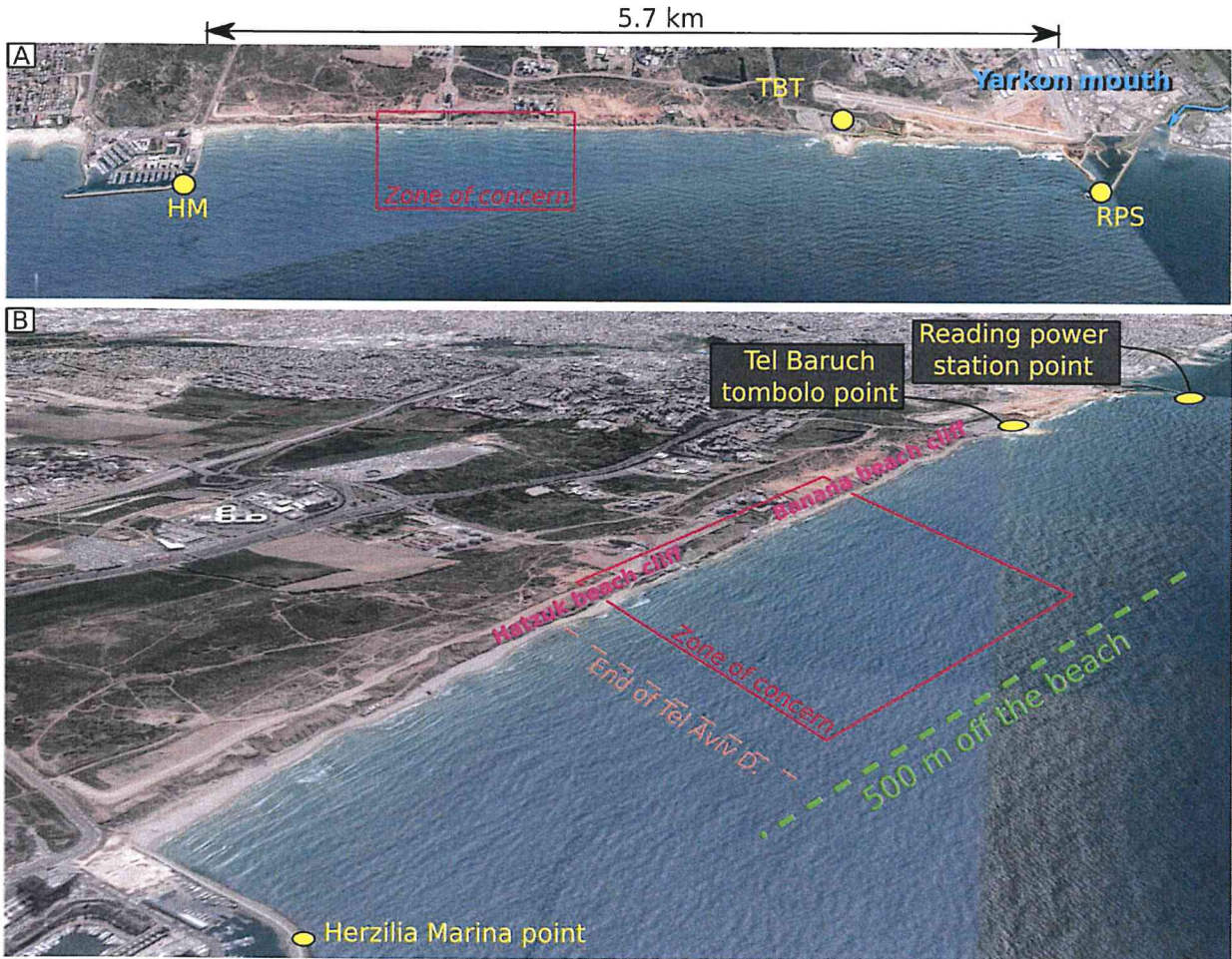


Figure 1: Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).

A coastal defense strategy based on the intelligent design of defense structures requires investigating several perspectives complementing each other to ensure that final recommendations to the decision makers are devoid of subjectivity and convincing enough to reach consensus. This report is part of such a global strategy which includes what follows:

1. determine what are the best shape, location and features for geotubes specifically dedicated to the protection of the Hatzuk beach system;
2. estimate the efficiency of the geotubes with respect to various targets (erosion, submersion, natural nourishment of the beach, general health of the beach);
3. check that a solution based on geotubes has a negligible impact on the regional circulation, especially downstream;
4. quantify the alteration of currents and waves nearby the geotubes and the possible subsequent scouring around geotubes;

In the list above, the present report is dedicated to the point (1) exclusively. It aims at performing optimal shape design of the geotextile tubes with a home-made automatic optimizer developed at the University of Montpellier since a few years, which has already been at the origin of very interesting developments in coastal protection strategies along the Northern Mediterranean shorelines. In the following, we first explain why we decide to use optimization to design the geotube location and shapes. Then we describe with caution the methodology and how it is applied to the case of Hatzuk beach. Last, we simply provide the type of solutions highlighted by the optimal design. The recommended solutions will be then confronted with engineering, environmental and cost constraints. The writing of this report depended upon some informations for the configuration of the optimization strategy which have been extracted from [BRL Ingénierie \(2017c\)](#) and others relative to the naming of the geotextile tubes categorization come from [BRL Ingénierie \(2017b\)](#). Wave statistics used for the definition of the functional (see the definition of the cost function in this report) are extracted from [CAMERI \(2013\)](#). The main insights from the present report are collected and synthetized in the PHASE 2 general report from BRLi ([BRL Ingénierie, 2017d](#)).

2 Rationales & Principles

2.1 Why using Nearshore Optimal Theory in Hatzuk beach ?

In Hatzuk like in many other dissipative beaches worldwide, the cross-shore profile consists of 1) a shoreface with one to three sand bars (in Hatzuk, typically one), 2) a 20 to 50 *m* wide emerged beach and a beach cliff stopping paroxysmal wave/ wind setups during storms and thus recording a subsequent abrasion. In Hatzuk, the mean nearshore slope between the high-water line and the outer margin of the nearshore bar zone at a depth of about 8 *m* below the mean water level is about 1:70 (mean slope around 1.4%) which defines a dissipative beach.

Such beaches around the world are often eroded during storms and their shoreline position usually records a moderate shoreward displacement of several tens of meters in a few decades. In reply to this erosion, coastal managers usually use classical sand beach nourishments in the form of hundreds of metre long flat-topped berm regularly rebuilt along the coast, which are used to be destroyed soon after their edification by major winter storms (*e.g.* that of 2004, december 1st in the northern Mediterranean sea, or January 2010 in the easternmost Mediterranean basin).

Alternatively, a quite exotic set of artificial structures are considered to decimate the water waves impact and thus to reduce such an erosional trend. The structures most constructed along the coasts

are emerged breakwaters and groins. However, they are expensive and they are known to shift the long-term erosion at other places along the coastline instead of reducing it. In addition, their efficiency at the place where they are deployed is criticable, especially regarding their impact on the local circulation and their nearfield scour effects. As a consequence, it has been more recently proposed to deploy alternative coastal protection structures, typically Low Crested coastal defence Structure (LCS) made of immersed rugged concretes that dissipate wave energy while waves propagate to the shoreline, although the surface water still circulates freely; however, such structures are very expensive. Other solutions are based on the use of geotextile tubes, usually deployed far from the beach to stop the net offshore sand displacement, or on the emerged beach (within the swash zone) to prevent the departure of sediment from the upper beach. It has been largely demonstrated that the efficiency of such strategies remain speculative.

Last, a classical approach is to combine the deployment of an artificial coastal defence structure together with sand beach nourishment.

Former discussions by the decision makers in charge of the Hatzuk project have resulted in the will to combine a deployment of geotextile tubes and sand beach nourishments to protect the beach. Now the deployment of a geotube solution has been recommended definitely, the question is what is the best shape and best position for this geotube solution ?

Nearshore Optimal Theory arises at this point of the discussion. This methodology is used to ensure the best design possible for the geotextile tubes, considering that classical deployments (on the emerged beach or very far at the closure water depth) are not forcefully relevant.

2.2 Nearshore Optimal Theory practically applied to Hatzuk beach

The defence project consists in 1) supplying sand to the beach for immediate use, 2) supplying sand to the hydraulic bar system to increase the sand volume of the shoreface, 3) constructing a set of submerged geotextile tubes filled with sand; these geotubes would be placed side-by-side in two files cross-shore, and would be placed one behind another longshore. Two separate files are considered to take into account the possible destruction of one of the device. In such a case, the other file would continue to protect the beach. The length of the geotube is limited only for technical reasons (it is not possible to fill up of sand infinitely long sockets).

The resulting artificial outer bar may operate as a wave attenuator device: it may let the shorter waves propagate to the beach with no attenuation and may smooth the longer waves occurring during storms, acting like a permanent low-pass filter of the wave energy may do.

Thus the main function of this structure is to initiate sediment deposition in the lee of the outer sand bar, thanks to the modification of nearshore wave orbital velocities and currents. The structure may reduce the amount of storm wave energy in its lee; in the same time, the structure may maintain in its lee the incoming energy of fair-weather waves, usefull for the construction of sand bars and the migration of sand towards the shoreline (Silvester and Hsu, 1999). Submerged LCS (not only made of geotextile) have been already described in Tomassiccchio (1996), Lamberti and Mancinelli (1996), Jackson et al. (2002), Lamberti et al. (2005) or Zanuttigh et al. (2005) and their deployment resulted in beach widening. More recently, Ranasinghe and Turner (2006) reviewed the deployments of submerged LCS (including narrow ones) and stated a more mitigated opinion; but the efficiency of strict geotube solutions acting as a wave attenuator (and not a rugged LCS) has been proven only from the in-situ experiment in Sète (Northermost Mediterranean Sea).

In this context, the following supplementary constraints have to be taken into account:

- geotextile tubes may be 50 *m* long and would be placed one behind another in two files along the shoreline, forming a km long submerged narrow LCS;

- The width of the LCS cannot exceed 12 m, and the water depth over the crest of the geotube must be enough (i) to maintain the beach recreative activities (e.g. beach sailing) and (ii) for obvious aesthetic reasons.

3 Methodology

3.1 Available bathymetry and hydrodynamic data

3.1.1 Bathymetric data

The bathymetric data available for this study consisted in a discrete set of contour lines provided by ATARIM (Fig. 2). The horizontal and vertical uncertainty for this submarine digital elevation model is not known. As it has been acquired at a specific time, and beach dynamics in the nearshore being very changing through time, it is not relevant to use the exact digital elevation model to perform the shape optimization.

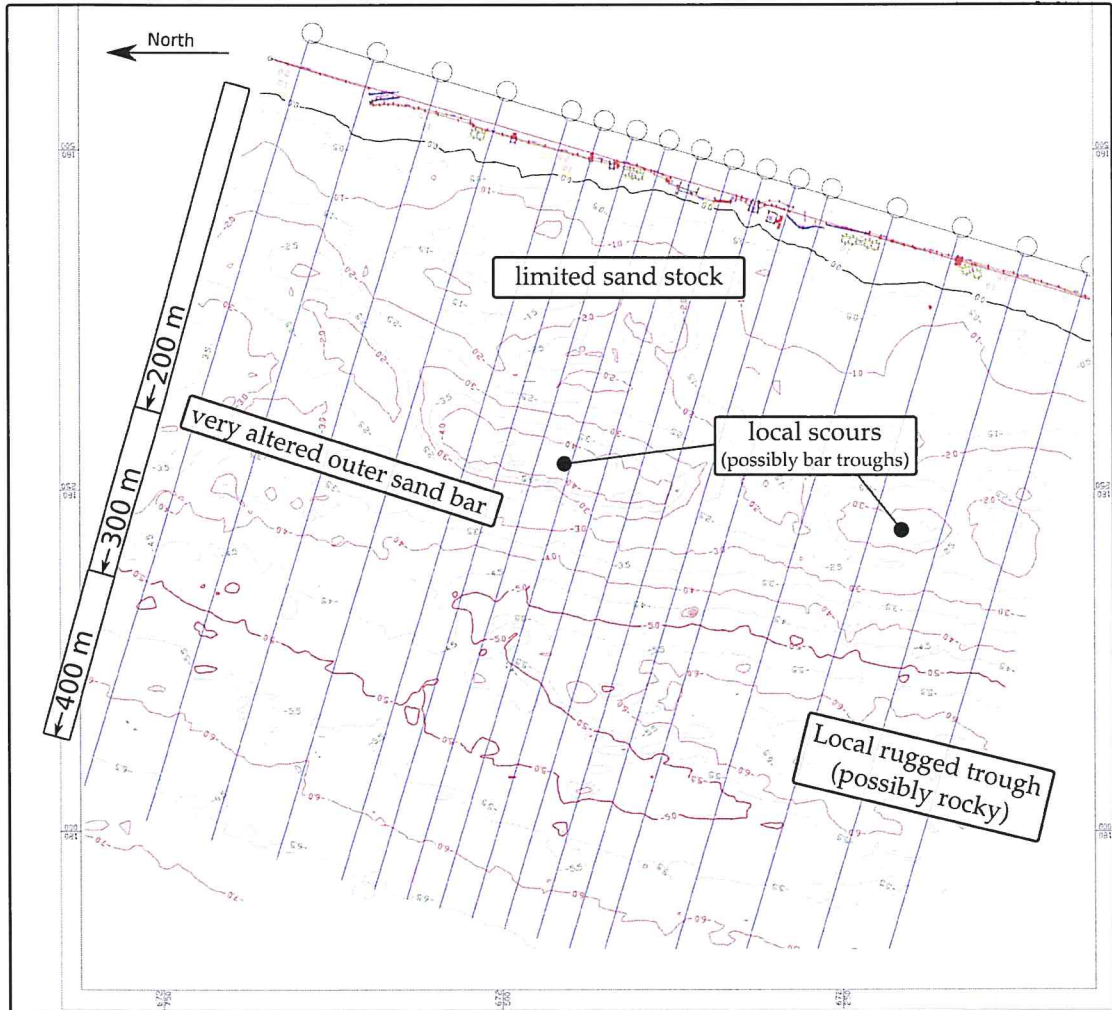


Figure 2: Bathymetric contour lines in Hatzuk beach in the main zone of concern and comments relative to main morphologic perturbations of the nearshore seabottom. The extrusion profile explicited in the figure correspond to the cross-shore profile from where water depth, mean slope and representative geomorphic features have been extracted to construct the idealized seabottom profile for the optimization procedure.

For the optimization procedure, it is better to consider a mean seabottom that shows the same mean slope like in the field, the same mean global geomorphic features (a single discrete sand bar, sand-dominated profile) and that smoothes any local or very changing geomorphic features (scours, temporary rocky outcrops, bar mobility). The figure 3 displays the final bathymetric data used for the optimization process, with an example of geotube deployed by the optimization (at this stage, just to illustrate how it is inserted on the seabottom).

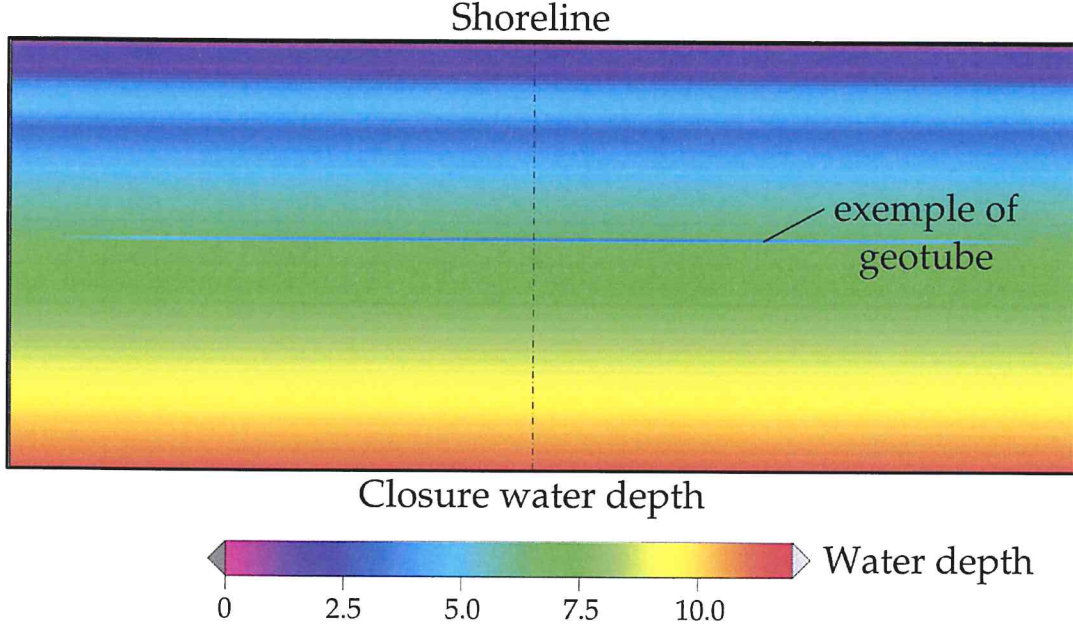


Figure 3: The idealized seabottom used for the optimization procedure in Hatzuk beach. In the picture, an example of geotube is added to illustrate how coastal defense structures are inserted by optimal design; obviously, it is not part of the original seabottom. The seabottom itself is constructed by (i) extracting from the bathymetric data a typical cross-shore profile, then (ii) smoothing any local and non representative geomorphic feature along the profile and (iii) extruding this profile along shore to build an idealized bathymetric elevation model for the numerical purposes.

3.1.2 Wind and wave data

CAMERI handles more than 25 years of wave measurements, 21 years being documented in CAMERI (2013). The usage of the CAMERI raw data is conditioned upon an expensive fee; the usage of the data in this work does not justify such an expense. Thus the informations used in this report are (i) a two years long time serie of the mean wave features from CAMERI provided by ATARIM, (ii) the content of the report CAMERI (2013) based on full raw wave data acquired at Ashdod and Haifa wave buoys. A presentation of the data is done in BRL Ingénierie (2017c, section 1.5.1). The exact methodology for the processing of the raw buoy data is performed originally in Perlin and Kit (1999) and following literature.

CAMERI (2013) shows that mean annual wave heights are in the range $[50; 100]$ cm. Forth, most of the waves are in the ranges $[0; 50]$, $[50; 100]$ and $[100; 150]$ (in cm). During summer, the relative distribution of waves in those three ranges remains approximatively the same. This means that most representative waves distribute like summer waves do. During winter, wave heights increase and a significant number of waves higher than 150 cm occurs. The relative distribution of waves changes with a more consequent tail corresponding to the occurrence of storms. Several plots have been provided in BRL Ingénierie (2017c, figures 8 and 9, and relative sections) to illustrate this. This observation simply demonstrates that most of the energetic events occur during winter. The objective of the project being to protect the beach against storm events, we may consider in the following that winter

wave regimes characterize adequately the conditions when the beach is altered.

Regarding wave direction, the main wave direction is **approximately** normal to the shoreline (mean azimuth around 285°). In practice, the natural spreading of the incoming waves changes with wave period and wave height – as well as season – but the mean azimuth is approximately still the same. This peculiar wave angle distribution has some consequences on nearshore circulation (BRL Ingénierie, 2017c,a) but not on the optimization procedure as it will be evidenced in a section below.

Regarding more specifically severe storm events, for the 21 year long time serie of wave data, CAMERI highlights five events with wave height peak higher than 650 cm in deep water. In particular, the event on December 12th 2010 is considered as being the typical strong storm with return period of 5 years. This type of storm at its peak shows the following characteristics (determined at the Ashdod buoy in 24 m of water depth):

$$H_{m0} = 613 \text{ cm}, T_p = 12.5 \text{ s}, Dir = 285^\circ$$

with a directional spread at storm peak around 8.4° (a quite narrow banded storm). This is a typical storm striking the Hatzuk shoreline mostly normal to the shore, with quite long waves and moderate energetical conditions. Under such forcings, the theoretical closure water depth (derived from linear wave theory) is around 60 m of water depth and the instantaneous wave-driven transport may occur in a few tens of meters of water depth.

Forth, these most energetic events always occur during winter which confirms that alteration of the beach is directly connected to winter conditions.

Alternatively, we compute several informations relevant for the optimization procedure from the wave data provided by ATARIM. The data provided consist in a time serie of 11417 records of hourly averaged wave features (wave height H_{m0} , wave peak period T_p and wave peak direction θ_p). This time serie stands from 1st October 2002 to 31th December 2004, which is a little bit more than 2 years (27 months).

According to these in-situ data, the mean annual significant offshore wave height is around 1 m and the mean annual significant offshore wave period is around 6.7 s. During major storms (less than 2% of observed waves), wave height increases up to 3 m to 4 m with corresponding periods of 5 s to 10 s. These storms waves are usually from the W, but SW to NW storms have been reported to induce important modifications of the nearshore morphology (direct in-situ observations).

Amplitude of tides is about 30 cm with no significant effect.

The table 1 summarizes informations recalculated after the data provided by ATARIM/CAMERI.

Yearly conditions		
Wave height H_{m0}		
Average \overline{H}_{m0}	1.00	m
Standard deviation $S_{H_{m0}}$	0.84	m
Wave period T_p		
Average \overline{T}_p	6.7	s
Standard deviation S_{T_p}	2.1	s

Table 1: Processing of the 2 year-long wave dataset from CAMERI. It highlights the main features of the yearly averaged wave regimes.

As it has been highlighted, morphodynamics are strongly controled by winter conditions. Thus we discriminate winter conditions (october to march) and summer conditions (april to septembre) to show what are the wave regimes at the origin of the alteration of the beach. The table 2 summarizes informations recalculated after the data provided by ATARIM/CAMERI.

Winter conditions			Summer conditions		
Wave height H_{m0}			Wave height H_{m0}		
Average \bar{H}_{m0}	1.15	m	Average \bar{H}_{m0}	0.75	m
Standard deviation $S_{H_{m0}}$	0.98	m	Standard deviation $S_{H_{m0}}$	0.39	m
Wave period T_p			Wave period T_p		
Average \bar{T}_p	6.99	s	Average \bar{T}_p	6.16	s
Standard deviation S_{T_p}	2.22	s	Standard deviation S_{T_p}	1.48	s

Table 2: Processing of the 2 year-long wave dataset from CAMERI. It highlights the main features of the wave regimes during winter conditions (destructive waves) and summer conditions (constructive waves).

The wave period spectra during summer are narrow with a relative standard deviation S_{std}/\bar{H}_{m0} around 25%. During winter, the relative standard deviation of wave period spectra is around 32%, recalling the occurrence of severe storms. Regarding the wave height, the relative wave height standard deviation $S_{H_{m0}}/\bar{H}_{m0}$ during summer is around 44% while it overpasses 85% during winter. This clearly suggests that the spreading of wave heights during winter is much more important.

In the report [BRL Ingénierie \(2017c, section 1.3\)](#), we explained how a dissipative beach where sand bars occur behaves. Forth, it is explained that a fundamental process must be pointed out. If one combines short-term and long-term nearshore morphodynamics, the behavior of the system to the first order is controlled by a wave energy threshold named $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ defined as follows:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave} = \frac{1}{8}\rho g H_{\mathcal{T}}^2 \quad (1)$$

where g is the gravity acceleration in $[m.s^{-2}]$, $H_{\mathcal{T}}$ a critical wave height and ρ the density of water. $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ is a surface density of energy in $[J.m^{-2}]$. When the system is in an energetic state stronger than the threshold $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ wave, bars (i) are damaged, sand is re-mobilized in the water column every where along the profil, thus may be taken away by alongshore of seaward-oriented currents and (ii) bars tend to move seaward and thus let the shoreline more exposed to the wave attack. On the contrary, when the system is in an energetic state lower than the threshold $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$, bars migrate to the beach, may feed it and sand is much settled down into the sea bottom profile.

In such a context, we have to define correctly $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ which directly depends upon the correct quantification of $H_{\mathcal{T}}$. Following a Bollinger-like rule, 95% of the wave heights are in the range (whatever may be the season considered, or the full year):

$$[\bar{H}_{m0} - 2S_{H_{m0}}; \bar{H}_{m0} + 2S_{H_{m0}}]$$

as far as the wave height distribution follows a normal probabilistic distribution (which is not forcefully the case). In the same way, $\approx 70\%$ of the wave heights are in the range

$$[\bar{H}_{m0} - S_{H_{m0}}; \bar{H}_{m0} + S_{H_{m0}}]$$

We want to define $H_{\mathcal{T}}$ for Hatzuk beach. We consider that summer conditions are all constructive which means that the waves in the range

$$[\bar{H}_{m0}^{summer} - 2S_{H_{m0}}^{summer}; \bar{H}_{m0}^{summer} + 2S_{H_{m0}}^{summer}]$$

represent 95% of those waves that do not alter the beach and should have a positive effect on the beach. In other words, wave height up to 1.52 m should be considered as constructive waves (Table 3). Following the same reasoning, we consider that winter conditions are all destructive which means that the waves in the range

$$[\bar{H}_{m0}^{winter} - 2S_{H_{m0}}^{winter}; \bar{H}_{m0}^{winter} + 2S_{H_{m0}}^{winter}]$$

represent 95% of the destructive waves. This means that wave height of the order of 0.21 m are still destructive, which is not relevant (Table 3). Forth, destructive wave heights could be negative, which is a nonsense.

SUMMER	Hauteur	Wave period
Average	0.75	6.16
Standard deviation	0.39	1.48
$\overline{H}_{m0}^{summer} - 2S_{H_{m0}}^{summer}$	-0.02	3.19
$\overline{H}_{m0}^{summer} - S_{H_{m0}}^{summer}$	0.36	4.68
$\overline{H}_{m0}^{summer} + 2S_{H_{m0}}^{summer}$	1.52	9.12
$\overline{H}_{m0}^{summer} + S_{H_{m0}}^{summer}$	1.13	7.64
WINTER	Hauteur	Wave period
Average	1.20	7.09
Standard deviation	0.99	2.20
$\overline{H}_{m0}^{winter} - 2S_{H_{m0}}^{winter}$	-0.78	2.70
$\overline{H}_{m0}^{winter} - S_{H_{m0}}^{winter}$	0.21	4.89
$\overline{H}_{m0}^{winter} + 2S_{H_{m0}}^{winter}$	3.17	11.48
$\overline{H}_{m0}^{winter} + S_{H_{m0}}^{winter}$	2.19	9.29

Table 3: Calculation of the various critical waves $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$

This simply highlights that the use of traditionnal Bollinger rules is not relevant in such a context. It results from the fact that (i) considering wave height, we deal with exceedance probabilities more than tendencies and (ii) during winter, most of the waves are still constructive, the tail of the distribution being the only to provide destructive waves. Thus we prefer the following approach. For constructive waves, we consider the following half-Bollinger domain:

$$[0; \overline{H}_{m0}^{summer} + 2S_{H_{m0}}^{summer}]$$

This suggests that most of the constructive patterns occur during summer, with waves in the range of the Bollinger rules for that period. For destructive waves, we consider the following half-Bollinger domain:

$$[\overline{H}_{m0}^{winter} + S_{H_{m0}}^{winter}; +\infty[$$

This suggests that (i) destructive waves occur during winter but all waves during winter are not destructive, (ii) destructive waves during summer have negligible effect because they are not taken into account, (iii) the most efficient winter wave for the destruction of the beach are the 30% higher waves within the distribution.

Doing so, we say that the critical waves $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ should be comprised between 1.53 m and 2.19 m . With the optimization procedure described in the next section, a sensitive analysis of the value of the critical wave $H_{\mathcal{T}}$ on the determination of the best geotube configuration has been performed with the following values for $H_{\mathcal{T}}$:

$$H_{\mathcal{T}} \in [1.6; 1.7; 1.8; 1.9; 2.0; 2.1]$$

No significant effect was observed. This is an **evidence** of the robustness of the criterium in the determination of the energetical state and its ability to determine the best geotube configuration. Indeed, as the methodology to define the critical wave $\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave}$ remains empirical, based on probability and objectionable, the fact that a significant alteration of such threshold does not change the geotube deployment forecasting is fundamental. In the following, for sake of simplicity, we present the result for

$$\mathcal{E}_{\mathcal{T}wave} = 4070 \text{ J.m}^{-2}; H_{\mathcal{T}} = 1.8 \text{ m} \quad (2)$$

3.2 Computation of water wave propagation combined with numerical shape optimization

This section describes the Nearshore Optimal Theory, a methodology to apply optimization in coastal dynamics, typically in Hatzuk beach. It is presented how the hydrodynamic model REF-DIF (Kirby and Dalrymple, 1983a) and our shape optimizer (Isèbe et al., 2008c, 2014, 2008a, 2005a,b, 2006a,b, 2005e,d,c,f, 2008b, 2005a) form the basis of a coastal shape optimizer adapted for the determination of the best geotube solution in Hatzuk. Although a short introduction to REF-DIF model is proposed below (see also appendix A), a full description of the REF-DIF model equations is beyond the scope of the present paper. It can be found in Kirby and Dalrymple (1995a). the features of our optimizer are detailed. A comprehensive presentation of the fundamentals of optimization can be found in Ivorra (2006).

3.2.1 REF-DIF model (hydrodynamic module)

In the study presented here, the water wave propagation and the transformation of a forward scattered wave field along an irregular mild slope is computed using an adapted version of REF-DIF (Kirby and Dalrymple, 1983b). This model provides the wave height H in the whole computational domain necessary for the calculation of the functional (see next section). Basically, the governing equation is a combination of the Berkhoff's equation (Berkhoff, 1972; Radder, 1979; Booij, 1981) and the diffraction equation on a plane bottom (Mei, 1989), numerically solved by an implicit finite difference method (Kirby and Dalrymple, 1994, 1995b). It takes into account both refraction and diffraction phenomena, wave attenuation through various mechanisms including that described by Phillips (1977) and Dean and Dalrymple (1984). REF-DIF does not manage wave reflexion nor process-based wave breaking over sand bars. However, the software takes into account wave breaking through a semi-empirical approach (Dally, 1985; Kirby and Dalrymple, 1986a). REF-DIF includes some improvements of a dispersion equation for shallow water and effects of superimposed current (Hedges, 1976). REF-DIF has been efficiently validated in various configurations (van Dongeren et al., 1994; Svendsen et al., 1997; Chawla and Kirby, 1998; Svendsen et al., 2002, 2004). Moreover, it belongs to the Berkhoff inherited models that have been already used for the design of defence structures (Zanuttigh et al., 2005). Outputs at each point $\mathbf{x} = (x, y) \in \Omega$ (Ω is the simulation grid) concern wave amplitude $A(\mathbf{x})$, wave frequency σ , wave number $k(\mathbf{x})$, wave angle $\theta(\mathbf{x})$, or orbital velocity:

$$U_{orb}(\mathbf{x}) = \frac{Agk}{\sigma} \cos(\mathbf{k} \cdot \mathbf{x}) \quad (3)$$

with $\mathbf{k} = (k \cos \theta, k \sin \theta)$ the wave number vector.

Bouchette (2001) modified the computation of lateral boundary conditions, and proposed some improvements to limited local unrealistic exaggeration of $A(\mathbf{x})$. They are embedded in the current version of REF-DIF used for this study.

The wave height field is simply reconstructed with:

$$H(\mathbf{x}) = 2.A(\mathbf{x}) \quad (4)$$

assuming linear wave theory assumptions (the free surface is a sine function). Last, we can calculate a surface density of wave energy in $[J.m^{-2}]$:

$$\mathcal{E}(\mathbf{x}) = \frac{1}{8} \rho g H(\mathbf{x})^2 \quad (5)$$

If one wants to characterize the **global energetical state** of the beach, we define a so-called functional J on a domain D_c as follows:

$$J = \int_{D_c} \mathcal{E}(\mathbf{x}).d\mathbf{x} \quad (6)$$

The lower the functional J , the lower the global energetical state of the sea surface in the domain D_c .

3.2.2 Shape optimization of coastal defence structures: principle

The optimization of coastal defence structures refers to the minimization of the impact of wave and currents either on the seabottom or on artificial structures in the nearshore zone. A general shape optimization problem applied to coastal engineering is summarized in figure 4. The modelled domain Ω corresponds to a nearshore zone from the emerged beach to the shoreface in 20 m of water modelled by a rectangular. The search domain indicates the part of the modelled domain where seabottom and artificial structures may change in shape during the optimization process to reach their best position. In hatzuk, we assume that the search domain is the whole modelled domain Ω . If it wouldn't be, coastal defense structures may not occur outside the search domain.

Hydrodynamics forced by winds and waves are computed on the whole modelled domain Ω . The cost function J as defined in the previous section is the most important concept of the optimization process. It refers to an equation that gives the state of the search domain for specific forcings. This state uses to be representative of the impact of the forcings on some hydrodynamic parametres (orbital velocity, wave height, wave orbital velocity, wave energy, or any combination of other hydrodynamic parametres) that have to be minimized or maximized. The state given by this cost function is computed in the cost function domain D_c , usually distinct from the search domain. For our application, the domain D_c is defined from the shoaling zone to the inner surf zone. The sub-domain where swash processes dominate is excluded (REF-DIF is not relevant for that physics, and the swash dynamics control more the short term shoreline processes than the long-term sand stock evolution).

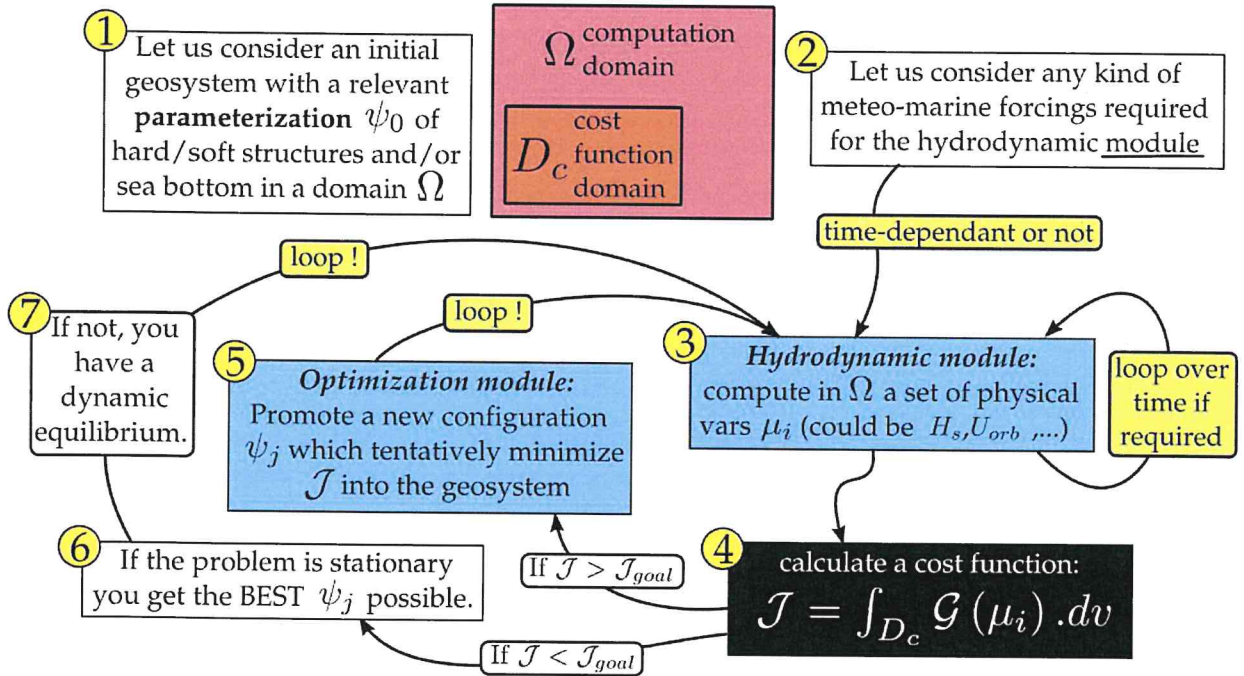


Figure 4: The principle of optimization applied to coastal engineering.

Basically, the optimization process lies on a hydrodynamics module, a shape optimization module and an efficient parameterization of the structures to be optimized.

3.2.3 The Global Recursive Multi-Layer Optimization Algorithm [GOA]

The global solution of minimization problems is of great practical importance and this is one of the reason why evolutionary algorithms received tremendous interest in recent years (Goldberg, 1989). The main difficulty with these algorithms is their complexity in term of the number of functional

evaluations.

A fundamental remark on classical gradient based minimization algorithms – having a continuous representation as a cauchy problem for a first order dynamical system (Mohammadi and Saiac, 2003; Attouch and Cominetti, 1996) – is that they can numerically approach the global minimum if the initial condition belongs to the attraction basin of the infimum and that otherwise the minimizing sequence they build is in principle captured by a local minimum. In that sense, the problem of global minimization with a gradient based algorithm becomes the prescription of an initial condition for the mentioned Cauchy problem in the suitable attraction basin.

For the definition of best defense structures, we developed a formulation of global minimization problems in term of over-determined boundary value problems (BVP's); then we discussed the existence of their solutions and we present some relevant algorithms in the framework of the Hatzuk beach questioning. For more explanation on this algorithm, the reader can refer to the works of B. Ivorra (Debiane et al., 2006; Ivorra et al., 2006a,b).

Consider the following minimization problem:

$$\min_{x \in \Omega_{ad}} J(x) \quad (7)$$

where $J : \Omega_{ad} \rightarrow \mathbb{R}$ is a function, x is the optimization parameter and belongs to a compact admissible space Ω_{ad} . We make the following assumptions (Ivorra, 2006): $J \in C^2(\Omega_{ad}, \mathbb{R})$ and is coercive. The infimum of J is denoted by J_m .

Boundary value problem formulation Most deterministic minimization algorithms, which perform the minimization of a function $J : \Omega_{ad} \rightarrow \mathbb{R}$, can be seen as discretizations of the following dynamical system (Attouch and Cominetti, 1996; Mohammadi and Saiac, 2003):

$$\begin{cases} M(\Theta_\zeta)x_\zeta(\zeta) = -d(x(\zeta)) \\ x(\zeta = 0) = x_0 \end{cases} \quad (8)$$

Where x denotes the vector of control parameters belonging to an admissible space Ω_{ad} . ζ is a fictitious time and $x_\zeta = \frac{dx}{d\zeta}$. M is an operator, $d : \Omega_{ad} \rightarrow \mathbb{R}^n$ is a function giving suitable directions and $\Theta_\zeta = \{t, x(t), d(x(t))/t \in [0, \zeta]\}$ is a set.

For example if $d = \nabla J$, the gradient of the functional, and $M(\Theta_z) = Id$, the identity operator, we recover the classical steepest descent method while with $d = \nabla J$ and $M(\Theta_z) = \nabla^2 J(x(\zeta))$ the Hessian of J , we recover the Newton method. Quasi-Newton methods can also be recovered using approximate Hessian definitions (G.N.Vanderplaats, 1990).

We consider that system (8) gives a numerical solution for the minimization problem (7), if for a given $x_0 \in \Omega_{ad}$, we can find a finite $Z_{x_0} \in \mathbb{R}$ such that $J(x(Z_{x_0})) \approx J_m$ (this approximation is defined by user):

$$\begin{cases} M(\Theta_z)x_\zeta = -d(x(\zeta)) \\ x(0) = x_0 \\ J(x(Z_{x_0})) \approx J_m \end{cases} \quad (9)$$

This boundary value problem is over-determined by x_0 . i.e, the choice of x_0 determines if system (9) admits or not a solution. For example in the case of a steepest descent method, system (9) has a solution only if x_0 is in the attraction basin of the minimum. This over-determination explains why we should not solve global optimization problems with methods which are particular discretizations of first order differential systems.

In order to keep an exploratory character during optimization allowing us to escape from attraction basins, we could use variants of previous methods after adding second order derivatives.

For instance we could consider methods coming from the discretization of the following 'heavy ball' dynamical system (Attouch and Cominetti, 1996):

$$\begin{cases} \eta x_{\zeta\zeta}(\zeta) + M(\Theta_Z)x_{\zeta}(\zeta) = -d(x(\zeta)), \\ x(0) = x_0, \quad x_{\zeta}(0) = x_{\zeta,0} \end{cases} \quad (10)$$

with $\eta \in \mathbb{R}$.

In this case, the associated BVP for optimization problem is:

$$\begin{cases} \eta x_{\zeta\zeta}(\zeta) + M(\Theta_Z)x_{\zeta}(\zeta) = -d(x(\zeta)), \\ x(0) = x_0, \quad x_{\zeta}(0) = x_{\zeta,0} \\ J(x(Z_{x_0})) \approx J_m \end{cases} \quad (11)$$

This time, system (11) is over-determined by $x_{\zeta,0}$. In a particular case, which is interesting in numerical analysis, it can be proved that the previous BVPs admit a numerical solution:

Theorem 3.1. *Let $J : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ be a C^2 such that $\min_{\mathbb{R}^n} J$ exists and is reached at $x_m \in \mathbb{R}^n$. Then for every $(x_0, \delta) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^+$, exist $(\sigma, t) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}^+$ such that the solution of the following dynamical system:*

$$\begin{cases} \eta x_{\zeta\zeta}(\zeta) + x_{\zeta}(\zeta) = -\nabla J(x(\zeta)) \\ x(0) = x_0 \\ x_{\zeta}(0) = \sigma \end{cases} \quad (12)$$

pass at time $\zeta = t$ into the ball $B_{\delta}(x_m)$.

Proof. We assume $x_0 \neq x_m$. Let $\epsilon > 0$, we consider the dynamical system:

$$\begin{cases} \eta y_{\tau\tau}(\tau) + \epsilon y_{\tau}(\tau) = -\epsilon^2 \nabla J(x(\tau)) \\ y(0) = x_0 \\ y_{\tau}(0) = \varrho \end{cases} \quad (13)$$

with ϱ in $\mathbb{R}^n \setminus \{0\}$.

- Assume that $\epsilon = 0$, we obtain the following system :

$$\begin{cases} \eta y_{\tau\tau,0}(\tau) = 0 \\ y_0(0) = x_0 \\ y_{\tau,0}(0) = \varrho(x_m - x_0) \end{cases} \quad (14)$$

System (14) describe a straight line of origin x_0 and passing at time θ_e by the point x_m , i.e: $y_0(\theta_e) = x_m$.

- Assume that $\epsilon \neq 0$. System (13) could be rewritten as:

$$\begin{cases} \left(\begin{array}{c} y(\tau) \\ \eta y_{\tau}(\tau) \end{array} \right)_{\tau} = \left(\begin{array}{c} y_{\tau}(\tau) \\ -\epsilon y_{\tau}(\tau) - \epsilon^2 \nabla J(y(\tau)) \end{array} \right) \\ y(0) = x_0 \\ y_{\tau}(0) = \varrho(x_m - x_0) \end{cases} \quad (15)$$

System (15) is of the form $y_{\tau} = f(\tau, y, \epsilon)$, with f verify the Cauchy-Lipschitz conditions. Applying the Cauchy Lipschitz theorem (Brezis, 1983): $|y_{\epsilon}(\theta_e) - y_0(\theta_e)| \rightarrow_{\epsilon \rightarrow 0} 0$ uniformly.

Thus for every $\delta \in \mathbb{R}^+ \setminus \{0\}$, there exists ϵ_{δ} such that for every $\epsilon < \epsilon_{\delta}$: $|y_{\epsilon}(\theta_e) - x_m| < \delta$ (T.1)

Let $\delta \in R^+ \setminus \{0\}$. Consider the following variable change $\zeta = \epsilon_\delta \tau$ and $x(\zeta) = y_{\epsilon_\delta}(\frac{\zeta}{\epsilon_\delta})$. System 13 becomes:

$$\begin{cases} \eta x_{\zeta\zeta}(\zeta) + x_\zeta(\zeta) = -\nabla J(x(\zeta)) \\ x(0) = x_0 \\ \dot{x}(0) = \frac{\theta}{\epsilon_\delta}(x_m - x_0) \end{cases} \quad (16)$$

Let $\vartheta = \epsilon_\delta \theta_\varrho$. Under this assumption, $x(\vartheta) = y_{\epsilon_\delta}(\theta_\varrho)$. Thus, due to (T.1) : $|x(\vartheta) - x_m| < \delta$. We have found $\sigma = \frac{\varrho}{\epsilon_\delta} \in R^+$ and $t = \vartheta \in R$ such that the solution of system (12) passes at time t into the ball $B_\delta(x_m)$.

□

Solving an optimization problem by using a discretized dynamical system method is often equivalent to solving a Boundary Value Problem. We can solve such BVPs using classical techniques (e.g. shooting, finite differences,...). Because we are interested in low-cost optimization we prefer to use a simplified method which is based on the deletion of over-determination.

3.2.4 Global Optimization Algorithm (GOA)

The over-determination can be removed, for instance, by considering $x_0 = v$ for (8) (resp. $x_{\zeta,0} = v$ for (11)) as a new variable to be found by the minimization of:

$$h(v) = J(x(Z_v, v)) \quad (17)$$

where $x(Z_v, v)$ is the solution of (8) (resp. (11)) found at $\zeta = Z_v$ starting from v . In practice Z_v is determined by the selected stopping criterium.

h is usually a discontinuous plateau function. For example, if a Steepest Descent is used, we find the same local minimum starting from all the points of an attraction basin. In other words, $h(v)$ is piece wise constant with values corresponding to the local minima of $J(x(Z_v, v))$. Furthermore, $h(v)$ is discontinuous where the functional reaches a local maximum, or has a plateau (see Figure 5).

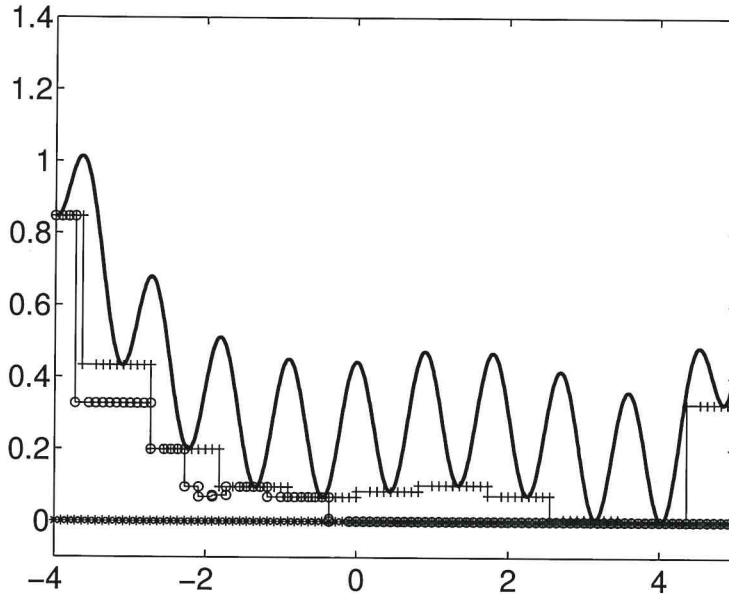


Figure 5: $J(x)$ (continuous line) chosen to have a non-convex hull with several minima close to each other. h (+), h^2 (o) and h^3 (*) built on a uniform sampling of the control space $x \in [-4, 5]$ at each level of the algorithm.

One way to minimize such a kind of function is to use a Genetical Algorithm. But this method is numerically expensive. We propose a cheaper algorithm based on line search methods (Mohammadi and Saiac, 2003). The next section present the algorithym used in the project Hatzuk practically.

3.2.5 General GOA implementation

We first consider the following algorithm $A_1(v_1, v_2)$:

- $(v_1, v_2) \in \Omega_{ad} \times \Omega_{ad}$ given
- Find $v \in \operatorname{argmin}_{w \in \mathcal{O}(v_2)} h(w)$ where $\mathcal{O}(v_2) = \{v_1 + t(v_2 - v_1), t \in \mathbb{R}\} \cap \Omega_{ad}$ using a line search method
- return v

The line search minimization in A_1 is defined by user. It might fail. For instance, a secant method (Mohammadi and Saiac, 2002) degenerates on plateaus and critical points. In this case, we add an external level to the algorithm A_1 by minimizing a new functional h' defined by:

$$h'(v') = h(A_1(v', w')) \quad (18)$$

with w' chosen randomly in Ω_{ad} .

This leads to the following two-layer algorithm $A_2(v_1, v'_2)$:

- $(v'_1, v'_2) \in \Omega_{ad} \times \Omega_{ad}$ given
- Find $v' \in \operatorname{argmin}_{w \in \mathcal{O}(v'_2)} h'(w)$ where $\mathcal{O}(v'_2) = \{v'_1 + t(v'_2 - v'_1), t \in \mathbb{R}\} \cap \Omega_{ad}$ using a line search method
- return v'

The line search minimization in A_2 is defined by user. The choice of (v'_1, v'_2) in this algorithm contains the non-deterministic feature of the algorithm. The construction can be pursued by building recursively $h^i(v'_1) = h^{i-1}(A_{i-1}(v'_1, v'_2))$, with $h^1(v) = h(v)$ and $h^2(v) = h'(v)$ where $i = 1, 2, 3, \dots$ denotes the external level.

3.2.6 One dimensional geometrical interpretation

We give a simple geometrical interpretation of the approach above when the secant is used to solve the external minimization problems (i.e. minimization of $h^i, i = 1, 2, \dots$) and when a Steepest Descent method is used as the core minimization method (i.e. in the construction of h).

A one dimensional geometrical construction of the different functionals (J, h, h^2, h^3) is shown in Figure 5 with J chosen with a non-convex hull, v_1 fixed and v_2^i for $i = 1, 2, 3$ take successively all the values of the discretized search space. h^2 and h^3 show growing attraction basins around the infimum. In that case, the attraction basin for h^3 is the full search space.

3.2.7 Search of a global minimum: Examples in academic cases

As far as we are concerned, we are particularly interested by the search of the global optimum for optimization parameters belonging to an unconnected search space. Actually, during the optimization of the position of geotubes, we are brought to consider a unconnected search space, due to economic or policies reasons who prevent construction on such or such zone. Consequently, to illustrate this, we consider the minimization of the following academic cost function defined on a unconnected domain.

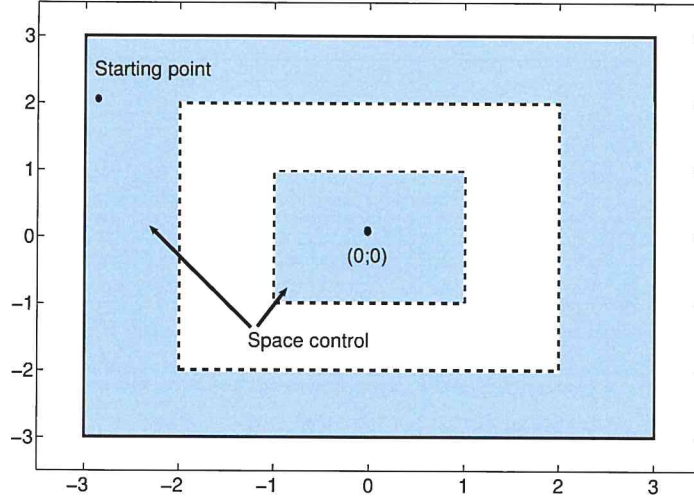


Figure 6: search space X

The aim is, for a given cost function to minimize, to find the global minimum starting from an initial point in the unconnected component not containing the global minimum.

The academic cost function considered is given by $J : X \rightarrow \mathbb{R}$ where $J(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$ and $X = X_1 \cup X_2$, with $X_1 = [-3, 3] \times [-3, -2] \cup [-3, -2] \times [-2, 2] \cup [2, 3] \times [-2, 2] \cup [-3, 3] \times [2, 3]$ and $X_2 = [-1, 1] \times [-1, 1]$, is an unconnected space in \mathbb{R}^2 (See Figure 6).

In this case, the theoretical global minimum is 0 and is obtained for $\mathbf{x}^{opt} = (x_1^{opt}, x_2^{opt}) = (0, 0)$.

We choose arbitrarily a starting point in X_1 because $\mathbf{x}^{opt} \notin X_1$ (see Figure 6).

We use a steepest descent method to solve this minimization problem. Firstly, we show that a classical gradient method with a small step of descent ρ cannot find the global minimum. Secondly, we apply our GOA with the same step of descent and we point out the fact that the use of recursive multi-layer and shooting method permit to find the global minimum.

The gradient method with a fixed step $\rho = 0.00001$. The algorithm converges initially in direction of global minimum. Indeed, we can see that from the starting point $\mathbf{x}^0 = (x_1^0, x_2^0)$, the direction of research (See Figure 7) is directed towards the point (0,0).

However, as soon as the algorithm arrives on the border of X_1 , this gradient method with a small step of descent cannot jump to X_2 and what is more, we observe a projection along the border of X_1 in direction of the minimum of this space.

Thus the algorithm converges towards the point $(-2, 0)$ for which the functional calculus is equal to

$J=4$. This result is the minimum of X_1 space but represents only a local minimum of whole space X . For us, there is no doubt that a such classical algorithm is not enough powerful and this bring us to think that it does not allow to give satisfactory results for industrial applications, especially in complex environment such as Hatzuk beach where coupled non-linear processes may occur, with unpredictable behaviours.

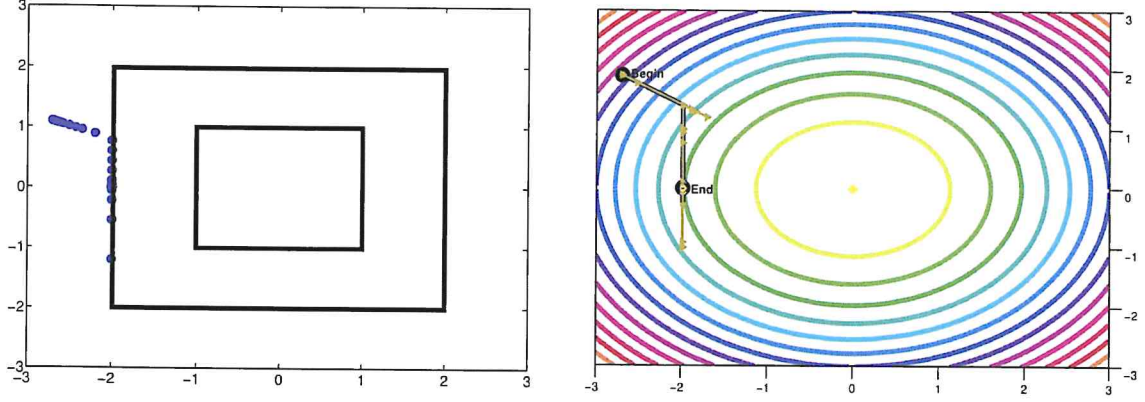


Figure 7: **Left:** The circles represent all the x^k tested during the optimization for the computation of J . **Right:** History of the direction of descent during the optimization.

GOA with $\rho = 0.00001$ fixed. The global minimization algorithm is applied for the research of the minimum of J with a fixed ρ not optimized. We go to show that this algorithm is well adapted to this configuration. Actually, and it is what we would like to stress, the power of this multi-layer algorithm is that it is able to visit several attraction basins by using a shooting method. In addition, the choice of the step of descent is not crucial and the convergence is ensured by the addition of several layers on the traditional gradient method.

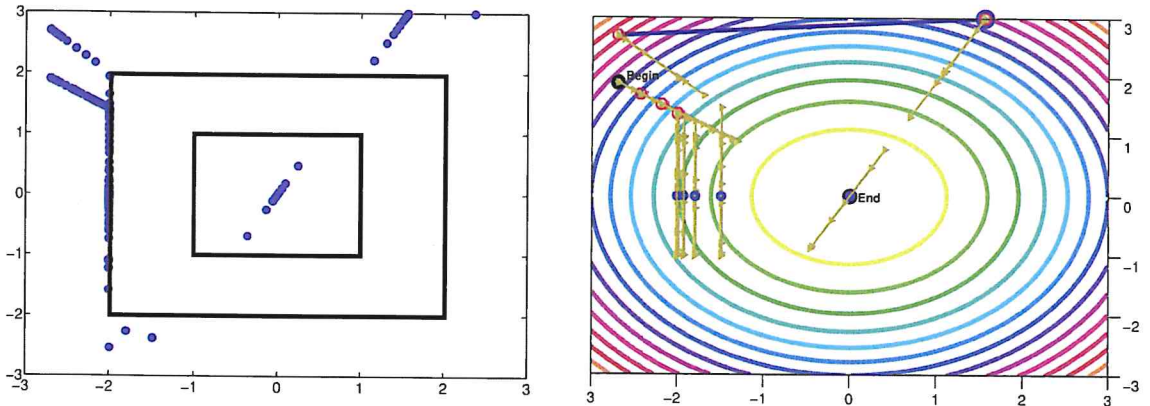


Figure 8: **Left:** The circles represent all the x^k tested during the optimization for the computation of J . **Right:** History of the direction of descent during the optimization.

We notice that the method finds the local minimum of X_1 in $(-2, 0)$ but the various shootings prevent the algorithm to be catch in this attraction basin and make it possible to reach X_2 in order to find

the global minimum of J (Figure 8).

3.2.8 Geotube parameterization

The initial attenuator device for the water waves recommended for the protection of the site will be constituted by two lines of geotubes placed more or less longitudinally to the coast (keeping in mind that this is not a constraint imposed to the search space).

For the model, we consider that a geotube in this final shape is comparable with a flattened ellipsoid. The width l for one tube is equal to 6 meters and the height H to 3 meters. The degrees of freedom in the search space are thus relative to the location of the geotube, its shape and the relative water depth above the crest of the geotube (Figure 9).

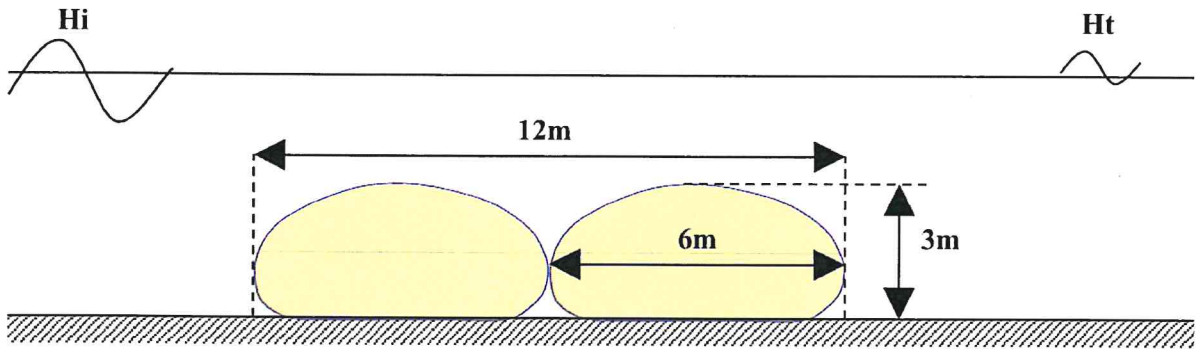


Figure 9: Cross section for the attenuator device for the water wave (GT). *Source: BRL engineering*

We must define a suitable admissible space for the parameters and correctly account for various constraints in order to reach optimal realistic devices. We expose the methodology to model geotubes. The principal idea is to control the position of a geotube by two or more points (forming a Spline function) and its shape by a Gaussian function as we can see on the figure 10. Obviously, there are advantages and drawbacks concerning this parameterization but according to the results in [BRL Ingénierie \(2017b\)](#), the approximations promoted here do not strongly alter the best shape and position.

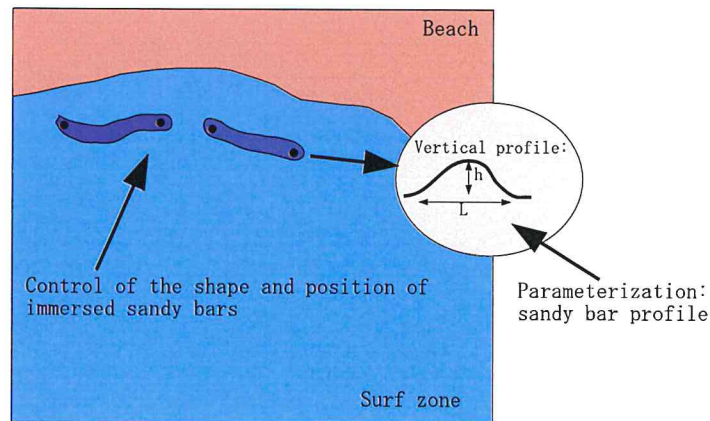


Figure 10: Example of immersed sand bars in the littoral zone

3.2.9 inputs for the REF-DIF model

Definition of computational mesh : For the computation, REF-DIF use a finite difference mesh grid. The grid is defined by a couple (mr, nr) representing the distance in the $\vec{0x}$ and $\vec{0y}$ direction and the step is given by dxr in the x-axis and dyr in the y-axis (See Figure 11).

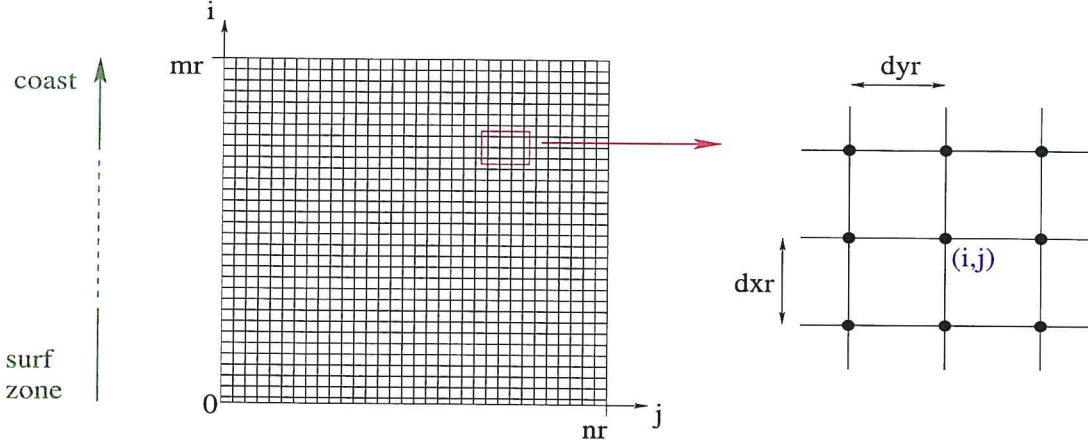


Figure 11: input for the REF-DIF model

We can compute the (x, y) -coordinates corresponding to the node (i, j) by $x = (mr - i) * dxr$ and $y = (nr - j) * dyr$.

Definition of a bathymetry. To each node (i, j) is associated a coefficient $V_1(i, j)$ corresponding to the distance between the water wave free surface and the sea bottom. For example, for a classical linear topography, we define this coefficient by $V_1(i, j) = (mr - i) * dxr * \tan(\theta_{slope})$ for all j , where θ_{slope} is the platform mild slope angle.

3.2.10 Geotube modelling

According to the previous section, take into account a geotube simply amounts adding a value V_2 to the value V_1 on the nodes where the modification appears. We detail this protocol in this section.

First, we determine the **position of a tube** by a *series of points* $(x_k, y_k)_{k \in \{1, \dots, N\}}$ on the grid defined by $[0, mr * dxr] \times [0, nr * dyr]$, where N equals the number of points used to define the tube. The position of a straight tube, for instance, is given by two points (x_1, y_1) and (x_2, y_2) . Nevertheless, we can decide to determine the position of the tube by using 3 points (or more...). In this case, we use a construction by splines to find the line crossing by these points (See Figure 12).

Then, as soon as we have the position of the tube, we design this **shape** by using a gaussian function of the form $f(x) = H e^{-sx^2}$ where x is the distance between a point of the mesh and its orthogonal projection on the line defining the tube.

More precisely, for a point defined by the coordinates $(x, y)_{i,j}$ in the node (i, j) of the grid, we have the following steps :

1. We orthogonally project this point on the line formed by points $(x_k, y_k)_{k \in \{1, \dots, N\}}$. We obtain a point $(x', y')_{i,j}$ and we compute the distance d between the two (See Figure 13- Left).
2. • If d is greater than a critical distance ϵ , we assume that the bathymetry $V_1(i, j)$ is not modified by the tube,

- If $d \leq |\epsilon|$, we compute the value A defined by $He^{-s(d')^2}$ where d' is a point depending geometrically on d . From this, the distance between d and A represents the variation $V_2(i, j)$ of topography caused by the sandy bar at the node (i, j) . So, the new bathymetry at the node (i, j) is given by $V_1(i, j) + V_2(i, j)$ (See Figure 13-Right).

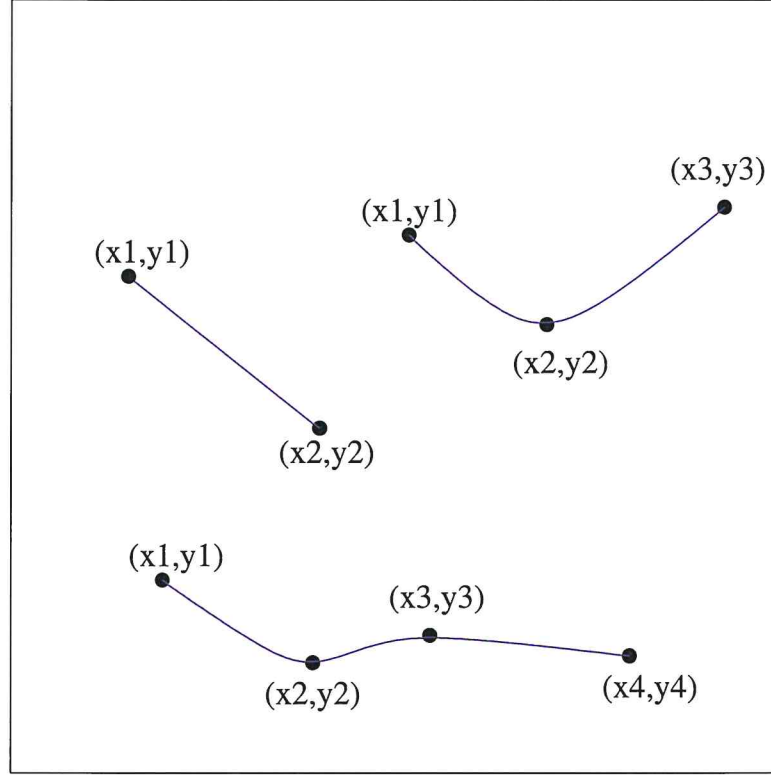


Figure 12: The choice of the geotube position can be made by 2, 3, 4 points (or more)

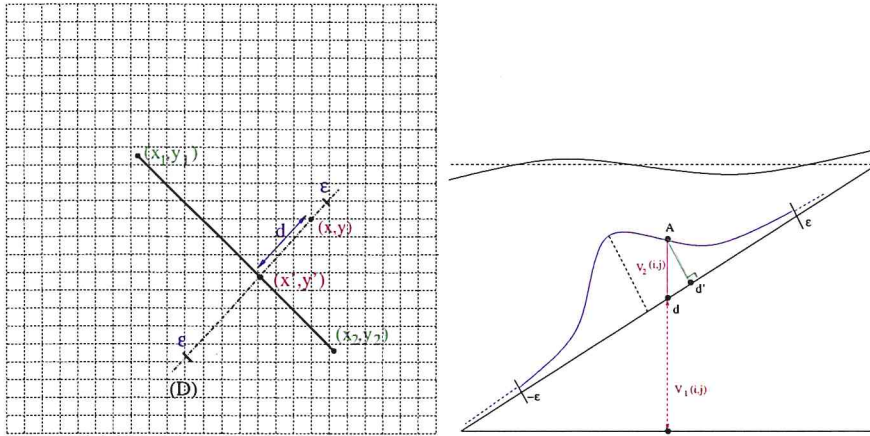


Figure 13: **Left:** Straight line (D) along which the Gaussian, centered in $(x', y')_{i,j}$, is calculated. **Right:** Profile for a i fixed corresponding to a linear bathymetry.

3.2.11 use of a smoothing function

A drawback of the preceding modelling is that at each extremity of the tube we have singularities. So, for each node (i, j) such that $d \leq |\epsilon|$, we multiply the value $V_2(i, j)$ by a function with an aim of smoothing the tube in his extremities.

More precisely, we use the following smoothing function (Figure 14)

$$f^k(t) = \left(e^{1 - \frac{1}{1 - (2t-1)^2}} \right)^k \quad \forall t \in [0, 1]$$

where, for a point of co-ordinates $(x', y')_{i,j}$ corresponding to the projection of the point $(x, y)_{i,j}$ on the tube (See Figure 13- Left), the value of t is given by

$$t_{i,j} = \frac{\text{dist}\left(\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}_{i,j}\right)}{\text{dist}\left(\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}\right)}$$

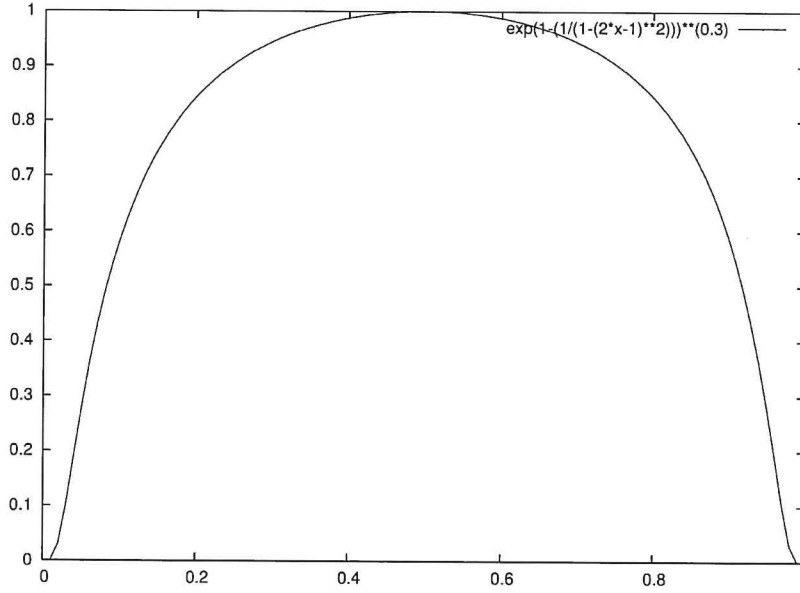


Figure 14: the smoothing function $f^{0.3}(t)$

4 Results

4.1 The cost function

Since the optimization algorithm objective is to minimize a functional J , it is clear that the choice of J greatly influences the quality of optimization. The more physically relevant the cost function is, the better the results.

The criteria which we wish to optimize is the global energetical state of the nearshore beach that directly control the total sediment transport. The objective of the device is thus to release this energy somewhere in the domain to decrease the global mobilization of sediments.

We assume that a wave regime observed at a node (i, j) in the D_c domain within Ω shows a significant wave height $H(i, j)$, a peak wave period $T(i, j)$ and a direction of propagation $\theta(i, j)$. Those parameters are calculated in Ω with REF-DIF forced by various wave conditions including the wave height H_0 at the closure water depth.

We already explained in a previous section that we discriminate incoming waves with a positive effect (constructive) and incoming waves with a negative effect (destructive). The wave height H_τ sets the threshold between constructive and destructive waves.

For any wave height condition H_0 observed at the closure water depth, we thus have:

$$\begin{cases} H_0 < H_\tau & \rightarrow H(i, j) \text{ are assumed to be constructive in the domain } \Omega \\ H_0 \geq H_\tau & \rightarrow H(i, j) \text{ are assumed to be destructive in the domain } \Omega \end{cases} \quad (19)$$

This means that all waves $H(i, j)$ observed in the domain Ω are considered constructive (resp. destructive) as soon as the forcing conditions are constructive (resp. destructive). This point is very important because it supports the idea that an incoming wave regime acts on the nearshore system globally.

We call $p(H_0 < H_\tau)$ the probability that an incoming wave height is constructive, we call $p(H_0 > H_\tau)$ the probability that an incoming wave height is destructive and $p(\theta_0)$ the probability for an incoming wave to propagate in the direction θ_0 . As a consequence, $p(\theta_0).p(H_0 < H_\tau)$ is the probability of occurrence of constructive waves of direction θ_0 and $p(\theta_0).p(H_0 > H_\tau)$ that of destructive waves of direction θ_0 .

For the optimization, we consider a cost function that would calculate:

$$J = \frac{\sum_{D_c} \text{Energy for water waves with } H_0 > H_\tau}{\sum_{D_c} \text{Energy for water waves with } H_0 < H_\tau} \quad (20)$$

This can be traduced by the following definition of the functional:

$$J = \int_{\theta_0 \in [0; 2\pi]} \left[p(\theta_0) \cdot \frac{\sum_{H_0 > H_\tau} \mathcal{E}_{\theta_0}^{H_0}}{\sum_{H_0 < H_\tau} \mathcal{E}_{\theta_0}^{H_0}} \right] d\theta_0 \quad (21)$$

where

$$\mathcal{E}_{\theta_0}^{H_0} = \int_{D_c} \frac{1}{8} \rho g H(i, j) \cdot di dj \quad (22)$$

is the global wave energy in D_c for waves with a wave incident angle θ_0 and a wave height H_0 at closure water depth.

Remark 1: By definition, we know that the total surface density of flux of energy is :

$$\mathcal{F}(i, j) = \mathcal{E}(i, j) \cdot C_g(i, j) \cos \theta(i, j) \quad (23)$$

where most parameters have been defined above and $C_g(i, j)$ is the group velocity of the waves, that can be calculated by linear wave theory after :

$$C_g = \frac{1}{2} C \left[1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right] \quad (24)$$

where kh is the relative water depth, ie the product of the water depth h with the wave number k defined in (i, j) . $C(i, j)$ is the wave velocity calculated after the results of REF-DIF like $H(i, j)$. The density of flux of energy could be used instead of the surface density of energy itself in the various expressions of the functional. However, tests demonstrates that this option is not discriminant.

Remark 2: All these expressions involving energy (or fluxes) could be normalized with respect to the total energy (resp. total flux). But previous works demonstrated that this does not change the results.

4.2 Grid for the computation

We consider for the computation a part of the lido of Hatzuk of approximately 2.5 km length and with an offshore distance equals to 1.2 km . The figure (15) shows the initial bathymetry chosen for the optimization which is representative of what can be observed in Hatzuk (mean slope, occurrence of a sand bar moderately developed).

For the computation, we have two grids to represent this region (1205 m in width by 2400 m in length)

1. A grid with a step of 5 m in the offshore direction and a step of 5 m in the longshore direction, ie the data for the model are $mr = 241$, $nr = 480$, $dxr = dyr = 5$. We call this grid, for the future, G_{5m} .
2. A grid with a step of 1 m in the offshore direction and a step of 5 m in the longshore direction, ie the data for the model are $mr = 1205$, $nr = 480$, $dxr = 1$, $dyr = 5$. We call this grid, for the future, G_{1m} .

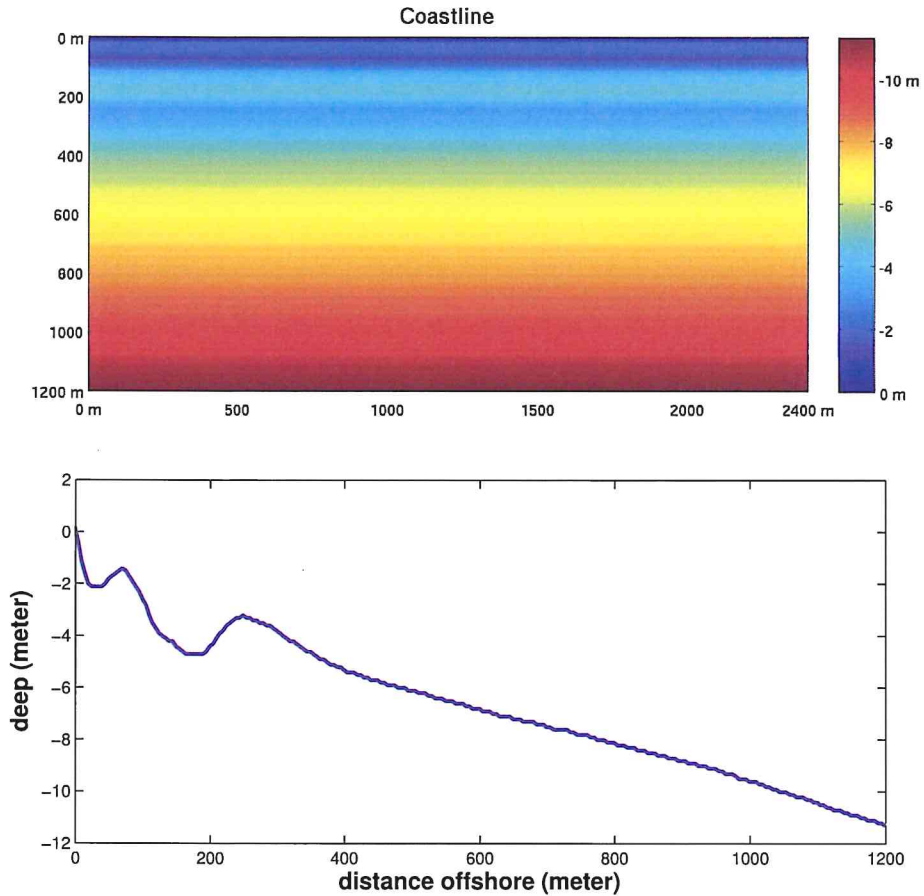


Figure 15: .The current bathymetry considered for Hatzuk: **Up:** A 2d-view where the legend bar corresponds to the depth variation. **Down:** An cross-shore section.

4.3 Optimal results w.r.t distance to the shoreline & incoming wave directions

The starting configuration is random with a geotube located to any cross-shore distance off the current shoreline and height and width of the defence structure set to $h_{tube} = 3\text{ m}$ and $l_{tube} = 12\text{ m}$ respectively (this represents two lines of attached geotube). We show this kind of configuration in figure 16,

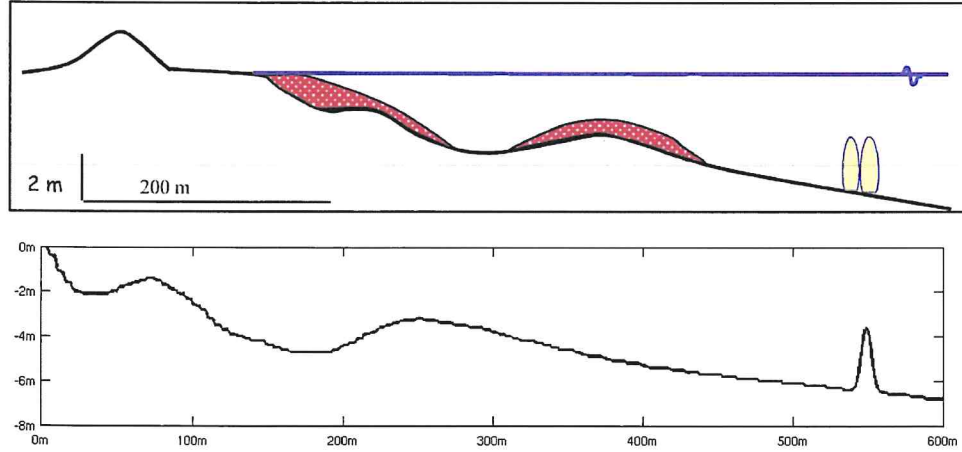


Figure 16: Up: A starting configuration. Down: Its implementation in a REF-DIF topobathymetric file.

The results are exposed in figure 17.

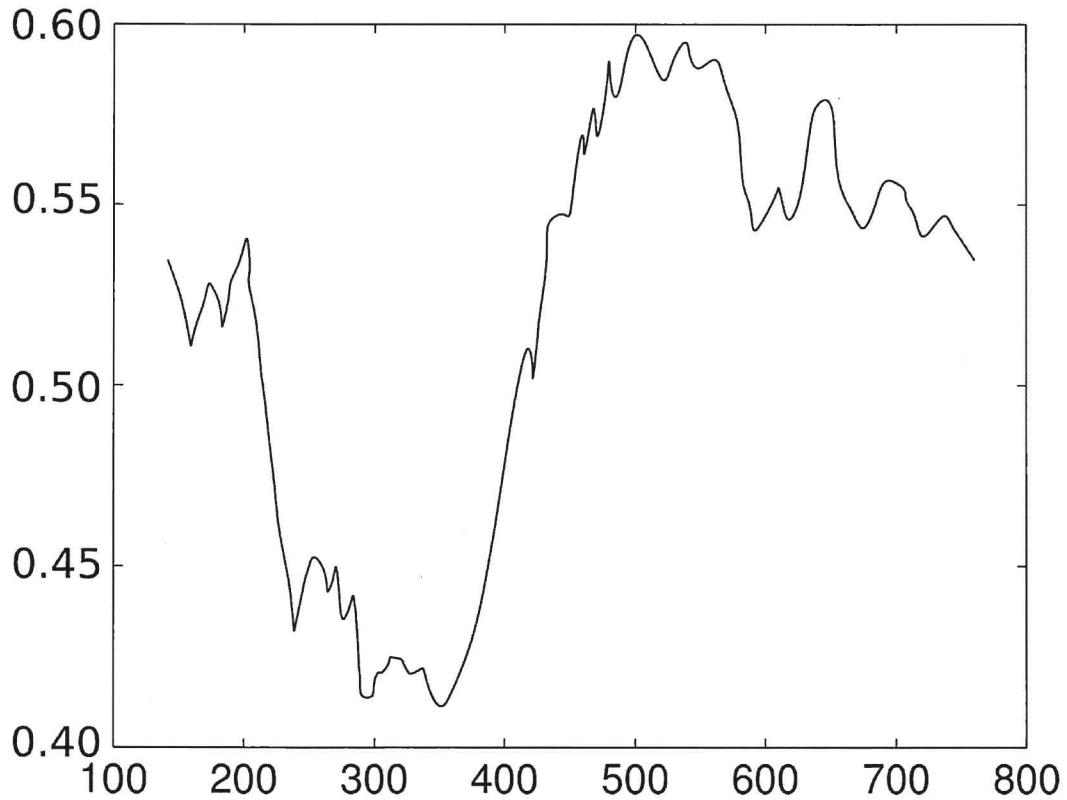


Figure 17: Evolution of the cost function J w.r.t the position of the geotube.

We see that the minimum – which defines the best solution – is obtained for geotubes located at a cross-shore distance of 350 m down to 290 m off the current shoreline.

Furthermore, we are interested, for a given direction of propagation, by the contribution in J of the energy for the constructive and the destructive water waves. It appears that the energy is not modified by the position of the geotube for constructive water waves (Figure 18). This is a very good result for the beach reconstruction: the effect of summer conditions is not vanished at all by the deployment of the defence structure.

In contrast, the global energy of the nearshore zone in case of destructive water waves conditions is strongly controlled by the position of the geotube (Figure 18). This is also a very important results that demonstrates that the location of the geotube is a first rank parameter in the strategy of defense of the beach.

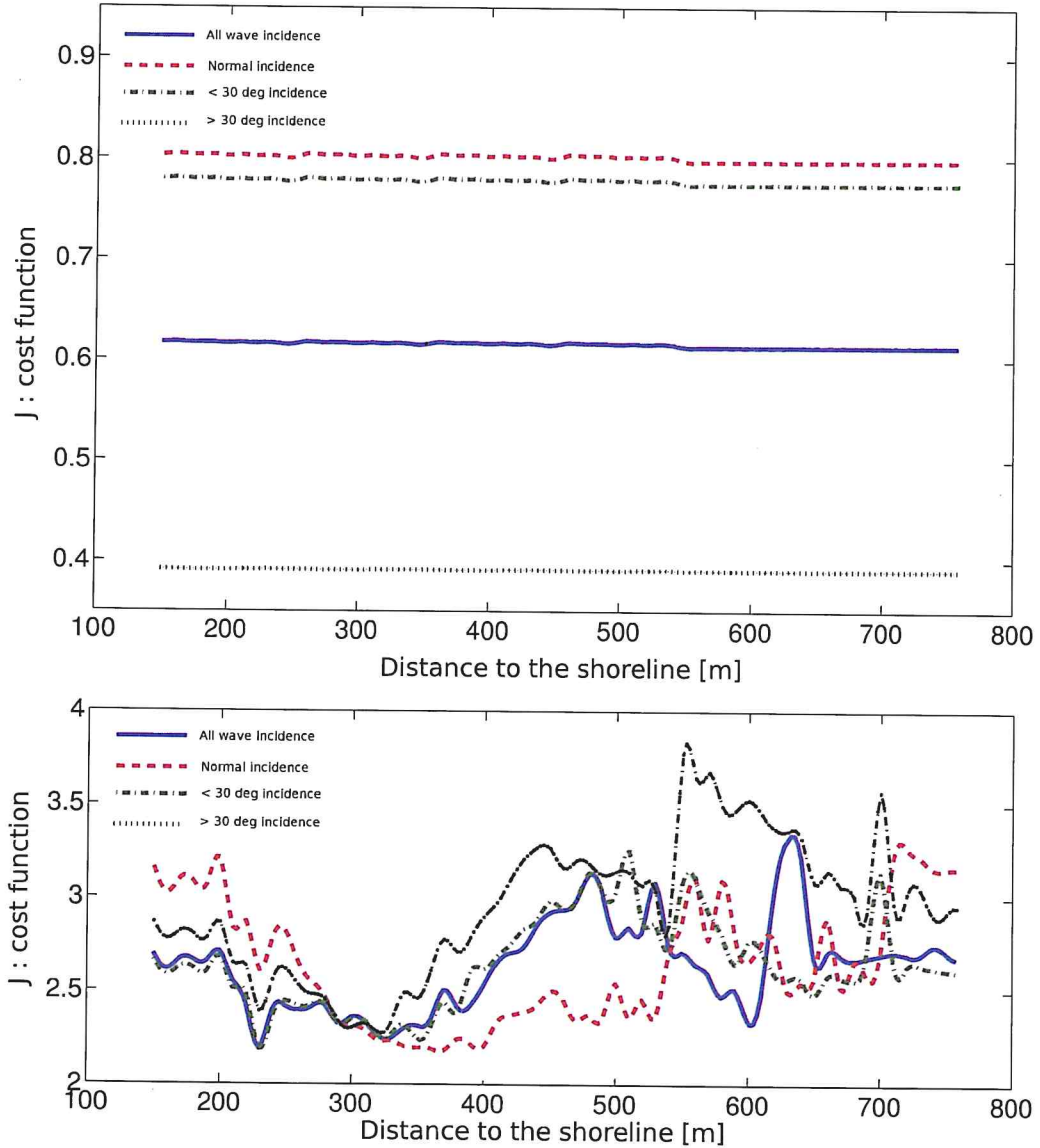


Figure 18: Evolution of the energy w.r.t the position of the geotube, for a given direction: **Up-** for the constructive water waves ($H_s < 2m$); **Down-** for the destructive water waves ($H_s > 2m$). The results are given for typical dominant incoming wave directions.

In the results, it is important to note that for each direction of propagation, the minimum of the energy resulting of the propagation of water waves with seems to be reach for geotube disposed around a cross-shore distance in the interval $[290; 300]$ m. This interval defines the best locations for the deployment.

We assume that, in this range, all the uncertainties related to the methodology (representative profile, 2 years long time serie of incoming wave height, morphodynamics not taken into account,...). This is the way we choose to illustrate the fact that the determination of the best location for the geotube cannot be an exact and single solution. It is a set of solutions, amongst which engineers have to select the best with respect to technical and cost constraints not embedded in the optimization process.

4.4 Final comment

Those results have been performed using the two-layer algorithm A_2 , introduced in section 3.2.3 with a steepest descent algorithm as core optimization method. Each steepest descent iteration number is equals to 100. The layers iteration number is set to 5 (i.e. $K = J = 5$). We optimize the distance d_c and the height h_{tube} of the geotube. The results confirm that the use of global optimization algorithm is of great importance in engineering because it is not affected by the presence of attraction basins. More precisely, we obtain a theoretical optimal position $d_c = 353m$ and an optimal height $h_{tube} = 2.5m$. This represents a benefit of 26% in comparison to the unprotected configuration. We expose the cost function evolution for this configuration in the figure 19.

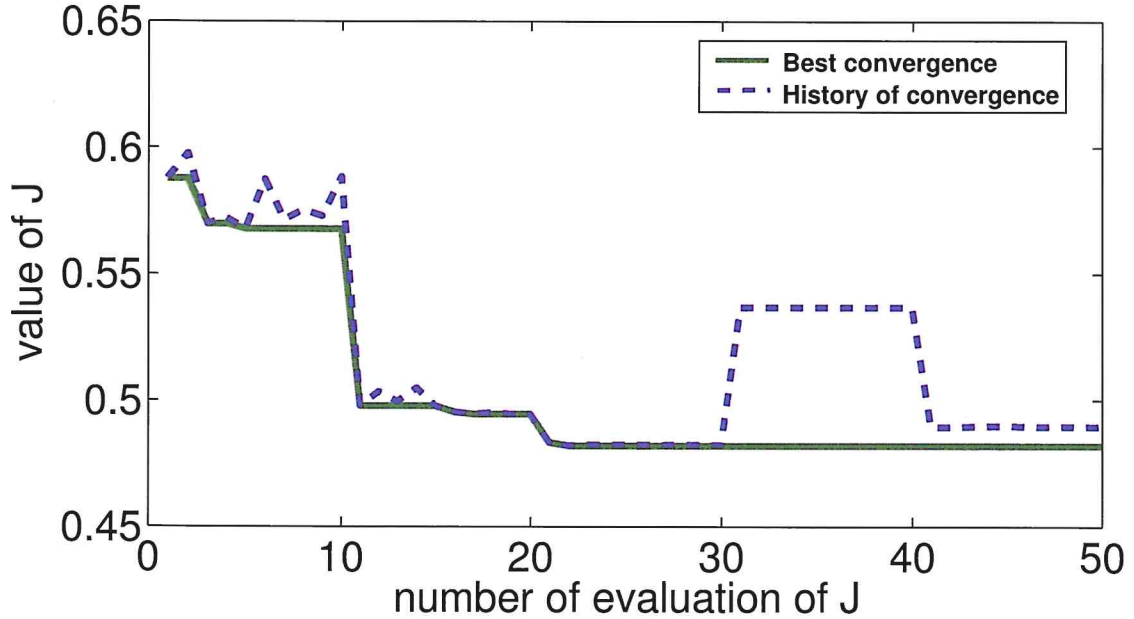


Figure 19: Cost function evolution during the optimization. We see the importance of using global minimization.

For information, figure 20 shows a cross-shore section representing the wave height for a water wave with a wave direction from $\theta = 270$ (West), an offshore significative height $H_s = 3.5 m$ and a wave period $T = 8.0 s$. We see clearly that the height, in the zone $100 - 250 m$, resulting from a geotube located at $350 m$ is lower than the height for a geotube located at $550 m$. This example illustrates the fact that the best location for the geotube defines a large domain where the wave height (and thus nearshore energy) is reduced significantly.

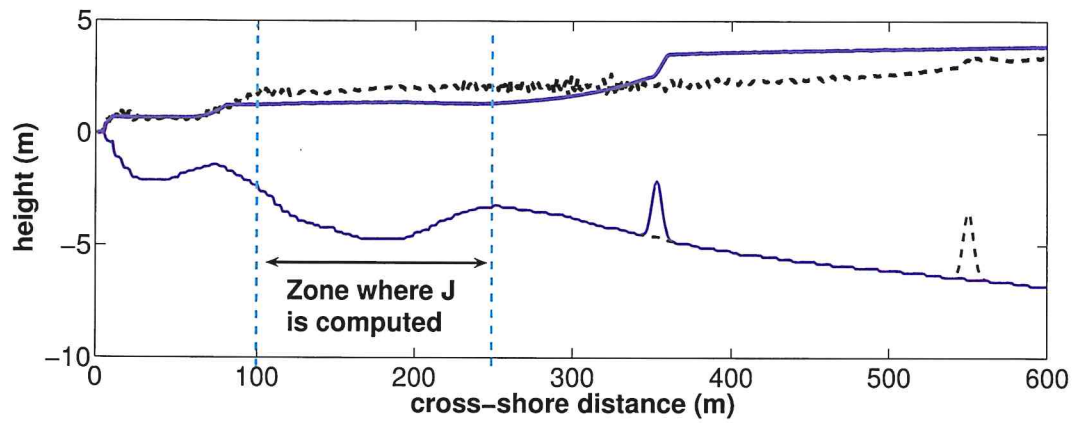


Figure 20: The height from 600m to the coast resulting from (i) a geotube disposed to a cross-shore distance of 350 m from the shoreline (solid line) and (ii) a geotube located at 550m off the shoreline (dashed line).

Finally, figure 21 shows example of best solutions dealing with the optimization (range 290 – 350 m off the shoreline) and other constraints as the occurrence of a trough in the field, as well as the presence of rocky outcrops in the seabottom locally.

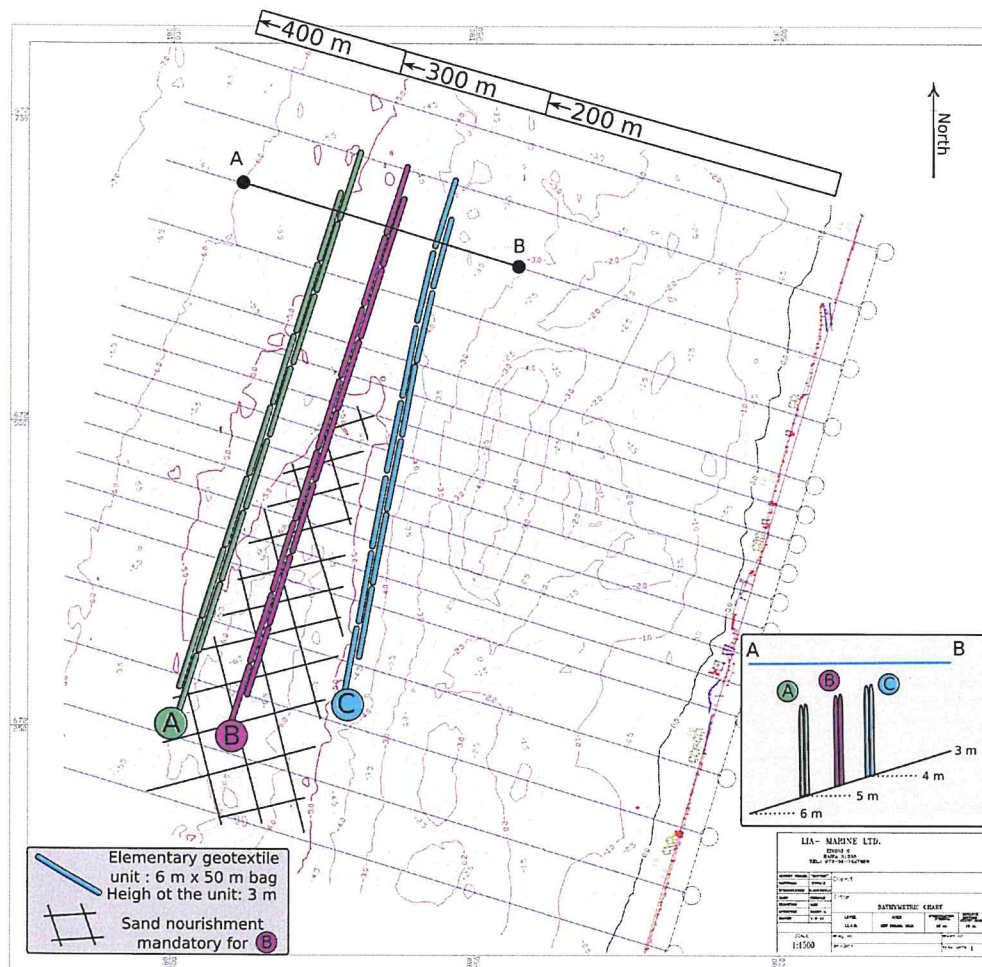


Figure 21: Three typical best solutions dealing with the optimization (range 290 – 350 m off the shoreline) and other constraints as the occurrence of a trough in the field, as well as the presence of rocky outcrops in the seabottom locally.

Solutions A and B are consistent with the solutions found with a strict optimization procedure. Solution C is a little bit less efficient (23%) but offers a more robust solutions with respect to classical engineering: the trace of the geotubes follow a current iso-contour line of bathymetry. If solution B is retained, a significant amount of sand should first fill up the trough currently observed in the field. As far as geotubes usually sag after their deployment, we recommend a solution C that would be the equivalent of a solution A after the sagging.

*

* *

References

- Attouch, H., Cominetti, R., 1996. A dynamical approach to convex minimization coupling approximation with the steepest descent method. *J. Differential Equations* 128 (2), 519–540.
- Berkhoff, J. C. W., 1972. Computation of combined refraction-diffraction. In: ASCE. (Ed.), *Proc. 13th Coastal Eng. Conf., Vancouver*. pp. 471–490.
- Booij, N., 1981. Gravity waves on water with non-uniform depth and current. (PhD thesis) Technical University of Delft, The Netherlands.
- Bouchette, F., March 2001. Wave / sediment interaction in the South-East Basin (uppermost Jurassic, France). In: *PhD Thesis of Université des Sciences et Techniques de Montpellier*. Vol. 22. ISTEEM, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier cedex 5, pp. 1–264.
- Brezis, H., 1983. *Analyse fonctionnelle, Théorie et applications*. Dunod.
- BRL Ingénierie, March 2017a. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Circulation patterns around defense structures by numerical modelling. BRLi 17-6, BRLi.
- BRL Ingénierie, March 2017b. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Insights from the 2D COPTER physical experimentation with moveable bed. BRLi 17-3, BRLi.
- BRL Ingénierie, March 2017c. Hydro-morphodynamics of Hatzuk beach, Israel. Contribution to report marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel, Phase A. BRLi 17-1, BRLi.
- BRL Ingénierie, april 2017d. Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel. phase A: state of knowledge, key issues, strategic solution, technical constraints regarding the project. BRL report 08-2, BRLi.
- CAMERI, 2013. Tel Aviv Area – Wave statistics for deep water based on Ashdod and Haifa wave measurements from 01/04/1992 to 31/03/2013. Tech. Rep. P.N 788/13, Technion City, Haifa.
- Carnahan, B., Luther, H., Wilkes, J., 1969. *Applied numerical methods*. Wiley, New-York.
- Chawla, A., Kirby, J. T., May 1998. Experimental study of wave breaking and blocking on opposing currents. In: *Proc. 26th Int. Conf. on Coastal Engineering*. Department of Civil and Environmental Engineering - University of Delaware.
- Dally, W.R., D. R. D. R., 1985. Wave height variations across beaches of arbitrary profile. *Journal of Geophysical Research* 90, 11917–11927.
- Dean, R. G., Dalrymple, R. A., 1984. *Water wave mechanics for engineers and scientists*. Vol. 2 of *Advanced series on ocean engineering*. World Scientific.
- Debiane, L., Ivorra, B., Mohammadi, B., Nicoud, F., Poinso, T., Ern, A., Pitsch, H., 2006. A low-complexity global optimization algorithm for temperature and pollution control of a complex chemistry flame. *International Journal of Computational Fluid Dynamics*, Taylor - Francis, 10.
- G.N.Vanderplaats, 1990. *Numerical optimization techniques for engineering design*. Vanderplaats Research and Development Mc Graw-Hill.
- Goldberg, D., 1989. *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*. Addison Wesley.
- Hedges, T., 1976. An empirical modification to linear wave theory. *Proc. Inst. Civ. Eng.* 61, 575–579.

- Isèbe, D., Azérad, P., Bouchette, F., Ivorra, B., Mohammadi, B., 2008a. Shape optimization of geotextile tubes for sandy beach protection. *International Journal of Numerical Methods in Engineering* 74, 1262–1277.
- Isèbe, D., Azérad, P., Frédéric, B., Mohammadi, B., 2014. Design of passive defense structures in coastal engineering. *International Review of Civil Engineering* 5 (2), 84–89.
- Isèbe, D., Azérad, P., Ivorra, B., Mohammadi, B., Bouchette, F., 2005a. Optimal shape design of coastal structures minimizing coastal erosion. In: *Proceedings of workshop on inverse problems*. CIRM, pp. 63–67.
- Isèbe, D., Bouchette, F., Azérad, P., Mohammadi, B., Ivorra, B., October 2005b. Utilisation de méthodes d’optimisation de forme dans l’étude de la dynamique d’un littoral sableux microtidal. exemple du Golfe d’Aigues-Mortes (France). In: *Proceedings of 10th Congrès Français de Sédimentologie*. ASF, Giens.
- Isèbe, D., Bouchette, F., Mohammadi, B., Azérad, P., Lambert, A., Bujan, N., Grassot, F., Michallet, H., 2008b. Une nouvelle approche pour la protection des plages : Application à la plage du Lido de Sète. In: *Génie Civil Génie Côtier. Paralia CFL*.
- Isèbe, D., Ivorra, B., Azérad, P., Mohammadi, B., Bouchette, F., 2008c. In: Bock, H., Kostina, E., Phu, H., Rannacher, R. (Eds.), *Progress in Global Optimization and Shape Design*. Springer Berlin Heidelberg, Ch. Modeling, Simulation and Optimization of Complex Processes, pp. 303–312.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Bouchette, F., 2005c. A coupled water wave-induced hydrodynamics / shape optimizer model: towards an assisted design of coastal structures. In: *Proceedings of European Geosciences Union, Geophysical Research Abstracts*. Vol. 7. EGU, p. 06515, 1607-7962/gra/EGU05-A-06515.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Bouchette, F., 2005d. Optimization and simulation for computer assisted design in coastal engineering. In: *Proceeding of 2^{ième} congrès national de Mathématiques appliquées et industrielles*. SMAI.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Bouchette, F., 2005e. Shape optimization of a sandy coast with the wave refraction-diffraction refdif model coupled to the bmo optimizer (gulf of aigues-mortes, NW Mediterranean sea, France). In: *Proceedings of European Geophysical Union, Geophysical Research Abstracts*. Vol. 7. p. 06567, 1607-7962/gra/EGU05-A-06567.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Bouchette, F., september 2006a. Erosion process optimization along a sandy coast (Lido of Sète, NW Mediterranean Sea, France). In: *Congrès Environnements Côtiers*.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Bouchette, F., may 2006b. Geotextile tubes optimization for beach protection. In: *38^{ième} Congrès National d’Analyse Numérique*.
- Isèbe, D., Mohammadi, B., Azérad, P., Ivorra, B., Bouchette, F., Denamiel, C., 7-10 june 2005f. Optimal shape design of coastal structures. In: *Symposium of the Society for Industrial and Applied Mathematics*. SIAM.
- Ivorra, B., 2006. Semi-deterministic global optimization. PhD. University of Montpellier 2.
- Ivorra, B., Mohammadi, B., Dumas, L., Redont, P., Durand, O., 2006a. Semi-deterministic vs. genetic algorithms for global optimization of multichannel optical filters. *International Journal of Computational Science and Engineering*, Interscience Editeurs.

- Ivorra, B., Mohammadi, B., Hertzog, D., Santiago, J., 2006b. Semi-deterministic and genetic algorithms for global optimization of microfluidic protein-folding devices. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Wiley InterScience 66(2), 319–333.
- Jackson, L., Tomlinson, R., McGrath, J., Turner, I., 2002. Monitoring of a multi-functional submerged geotextile reef breakwater. *Proc. 28th International Conference on Coastal Engineering*, 1923–1935.
- Kirby, J., Dalrymple, R., 1983a. A parabolic equation for the combined refraction diffraction of stokes waves by mildly varying topography. *Journal of Fluid Mechanics* 136, 453–466.
- Kirby, J., Dalrymple, R., 1986a. Modeling waves in surfzones and around islands. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean engineering* 112, 78–93.
- Kirby, J., Dalrymple, R., 1995a. Refdif1 v2.5 refraction diffraction model. Technical report CACR.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1983b. A parabolic equation for the combined refraction diffraction of stokes waves by mildly varying topography. *J. Fluid. Mechanics*. 136, 443–466.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1985. (Revised June, 1986). Wave modification in the vicinity of islands. ref/dif 1 documentation manual. Coastal and Offshore Engineering and Research, Inc., Newark, DE., January.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1986b. Combined refraction/diffraction model ref/dif 1, user's manual. Coastal and Offshore Engineering and Research, Inc., Newark, DE., January.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1994. Combined refraction/diffraction model ref/dif 1, version 2.5. documentation and user's manual. Research Report No. CACR-94-22, Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1995b. Refdif1 v2.5 refraction diffraction model. Technical report, CACR. Short A.D 1999. Beach and Shoreface Morphodynamics. Wiley, 380pp.
- Lamberti, A., Archetti, R., Kramer, M., Paphitis, D., Mosso, C., Di Risio, M., 2005. European experience of low crested structures for coastal management. *Coastal Engineering* 52, 841–866.
- Lamberti, A., Mancinelli, A., 1996. Italian experience on submerged barriers as beach defence structures. *Proc. 25th International Conference on Coastal Engineering*. ASCE, Orlando, USA, 2352–2365.
- Liu, P., Tsay, T., 1984. Refraction- diffraction model for weakly nonlinear water waves. *J. Fluid. Mechanics*. 141, 265– 274.
- Mei, C., 1989. The applied dynamics of ocean surface waves. Vol I. World Scientific Publishing.
- Mohammadi, B., Saiac, J.-H., 2002. *Pratique de la simulation numérique*. Dunod.
- Mohammadi, B., Saiac, J.-H., 2003. *Pratique de la simulation numérique*. Dunod.
- Perlin, A., Kit, E., 1999. Longshore sediment transport on mediterranean coast of israel. *Journal of the Waterways, Port, Coastal and Ocean Division* 125, 80 – 87.
- Phillips, O. M., 1977. The dynamics of the upper ocean. Cambridge university press, London, 261 pp.
- Radder, A. C., 1979. On the parabolic equation method for water-wave propagation. *Journal of Fluid Mechanics* 95 (1), 159–176.
- Ranasinghe, R., Turner, I., 2006. Shoreline response to submerged structures: a review. *Coastal Engineering* 53, 65–79.

- Silvester, R., Hsu, J. R. C., 1999. Coastal Stabilization.
- Svendsen, I., Sancho, F., Oltman-Shay, J., Thornton, E., 1997. Modelling nearshore circulation under field conditions. In: Proceedings ASCE Waves'97 conference. Virginia Beach, pp. 765–776.
- Svendsen, I. A., Haas, K., Zhao, Q., 2002. Shorecirc- the quasi-3d nearshore circulation model. Tech. Rep. CACR-02-01, Center for Applied Coastal Research, University of Delaware.
- Svendsen, I. A., Haas, K., Zhao, Q., 2004. Quasi-3d nearshore circulation model shorecirc: Version 2.0. Tech. rep., Center for Applied Coastal Research, University of Delaware.
- Tomassicchio, U., 1996. Submerged breakwaters for the defence of the shoreline at ostia: field experiences, comparison. Proc. 25th International Conference on Coastal Engineering. ASCE, Orlando, USA, 2404–2417.
- van Dongeren, A., Sancho, F., Svendsen, I., Putrevu, U., 1994. Shorecirc: A quasi 3-d nearshore model. In: 24th Int. Conf. on Coast. Eng., ASCE. pp. 2741–2754.
- Zanuttigh, B., Martinelli, L., Lamberti, A., Moschella, P., Hawkins, S., Marzetti, S., Ceccherelli, V., 2005. Environmental design of coastal defence in lido di dante, italy. Coastal Engineering 52, 1089–1125.

List of Figures

1	Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).	3
2	Bathymetric contour lines in Hatzuk beach in the main zone of concern and comments relative to main morphologic perturbations of the nearshore seabottom. The extrusion profile explicited in the figure correspond to the cross-shore profile from where water depth, mean slope and representative geomorphic features have been extracted to construct the idealized seabottom profile for the optimization procedure.	6
3	The idealized seabottom used for the optimization procedure in Hatzuk beach. In the picture, an example of geotube is added to illustrate how coastal defense structures are inserted by optimal design; obviously, it is not part of the original seabottom. The seabottom itself is constructed by (i) extracting from the bathymetric data a typical cross-shore profile, then (ii) smoothing any local and non representative geomorphic feature along the profile and (iii) extruding this profile along shore to build an idealized bathymetric elevation model for the numerical purposes.	7
4	The principle of optimization applied to coastal engineering.	12
5	$J(x)$ (continuous line) chosen to have a non-convex hull with several minima close to each other. h (+), h^2 (o) and h^3 (*) built on a uniform sampling of the control space $x \in [-4, 5]$ at each level of the algorithm.	15
6	search space X	17
7	Left: The circs represent all the \mathbf{x}^k tested during the optimization for the computation of J . Right: History of the direction of descent during the optimization.	18
8	Left: The circs represent all the \mathbf{x}^k tested during the optimization for the computation of J . Right: History of the direction of descent during the optimization.	18
9	Cross section for the attenuator device for the water wave (GT). <i>Source: BRL engineering</i>	19
10	Example of immersed sand bars in the littoral zone	19
11	input for the REF-DIF model	20
12	The choice of the geotube position can be made by 2, 3, 4 points (or more)	21
13	Left: Straight line (D) along which the Gaussian, centered in $(x', y')_{i,j}$, is calculated . Right: Profile for a i fixed corresponding to a linear bathymetry.	21
14	the smoothing function $f^{0.3}(t)$	22
15	The current bathymetry considered for Hatzuk: Up: A 2d-view where the legend bar corresponds to the depth variation. Down: An cross-shore section.	24
16	Up: A starting configuration. Down: Its implementation in a REF-DIF topobathymetric file.	25
17	Evolution of the cost function J w.r.t the position of the geotube.	25
18	Evolution of the energy w.r.t the position of the geotube, for a given direction: Up- for the constructive water waves ($H_s < 2\text{m}$); Down- for the destructive water waves ($H_s > 2\text{m}$). The results are given for typical dominant incoming wave directions.	26
19	Cost function evolution during the optimization. We see the importance of using global minimization.	27

- 20 The height from 600m to the coast resulting from (i) a geotube disposed to a cross-shore distance of 350 m from the shoreline (solid line) and (ii) a geotube located at 550m off the shoreline (dashed line). 28
- 21 Three typical best solutions dealing with the optimization (range 290 – 350 m off the shoreline) and other constraints as the occurrence of a trough in the field, as well as the presence of rocky outcrops in the seabottom locally. 28

A REF-DIF

A.1 Fundamentals

By a combination between the Berkhoff-Radder-Booij approach for the mild-slope equation and Yue-Mei-Tuck approach for the diffraction, Kirby and Dalrymple proposed the model called "weakly nonlinear" combined refraction and diffraction, called the REF/DIF model (Kirby and Dalrymple, 1983b). The fundamental equation in this parabolic form is:

$$2ikCC_g \frac{\partial A}{\partial x} + 2k(k - k_0)(CC_g)A + i \frac{\partial(kCC)}{\partial x}A + \frac{(CC_g \frac{\partial A}{\partial y})}{\partial y} - k(CC_g)K'|A|^2A = 0 \quad (25)$$

By linearization, we recover the parabolic forms of Berkhoff, Radder or Booij.

Kirby and Dalrymple, thanks to Booij's works, integrated in the model the effect of currents of any intensity. Finally, Kirby extended Radder's works and Booij's works evoked above to tolerate water waves with direction of propagation of 70 with the direction of the initial incidental water wave (Kirby and Dalrymple, 1985. (Revised June, 1986, 1986b). The equation governing the propagation of the water wave in the REFDIF model is thus the following one:

$$\begin{aligned} \mathcal{M}(A) = & (C_g + U) \frac{\partial A}{\partial x} - 2\Delta_1 V \frac{\partial A}{\partial y} + i(\bar{k} - a_0 k)(C_g + U)A + \left\{ \frac{\omega}{2} \frac{\partial \frac{C_g + U}{\omega}}{\partial x} - \Delta_1 \omega \frac{\partial \frac{V}{\omega}}{\partial y} \right\} A \\ & + i\Delta_1' \frac{\partial \left[(P - V^2) \left(\frac{\partial A}{\partial y} \right) \right]}{\partial y} - i\Delta_1 \left\{ \frac{\partial \left[UV \frac{\partial A}{\partial y} \right]}{\partial x} + \frac{\partial \left[UV \frac{\partial A}{\partial x} \right]}{\partial y} \right\} + \underbrace{\frac{i\omega k^2}{2} D|A|^2 A}_{\text{nonlinear term}} \\ & - \frac{b_1}{k} \left\{ \frac{\partial \left[(p - V^2) \frac{\partial A}{\partial y} \right]}{\partial x \partial y} + 2i \frac{\left(\omega V \frac{\partial A}{\partial y} \right)}{\partial x} \right\} \\ & + b_1 \beta \left\{ 2i\omega' U \frac{\partial A}{\partial x} + 2i\omega V \frac{\partial A}{\partial y} - 2UV \frac{\partial^2 A}{\partial x \partial y} + \frac{\partial \left[(p - V^2) \frac{\partial A}{\partial y} \right]}{\partial y} \right\} \\ & - \frac{i}{k} b_1 \left(\frac{\partial \omega' V}{\partial y} + 3 \frac{\partial \omega' U}{\partial x} \right) \frac{\partial A}{\partial x} - \Delta_2 \left\{ \omega' U \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{1}{2} \omega' \frac{\partial U}{\partial x} \left(\frac{A}{\omega} \right) \right\} \\ & + ik\omega' U (a_0 - 1) \left(\frac{A}{\omega} \right) = 0 \end{aligned} \quad (26)$$

where $p = CC_g$, U is the mean current velocity in the x co-ordinate direction and V in the y co-ordinate direction, ω' is a dissipation factor and a_0 , a_1 , b_1 are constants chosen by Kirby in order to obtain waves diffracted up to 70 compared to the incidental wave direction (Kirby and Dalrymple, 1986b).

We have also:

$$\beta = \frac{\frac{\partial k}{\partial x}}{k^2} + \frac{\frac{\partial k(P-U^2)}{\partial x}}{2k^2(P-U^2)} \quad (27)$$

$$\Delta_1 = a_1 - b_1 \quad (28)$$

$$\Delta_2 = 1 + 2a_1 - 2b_1 \quad (29)$$

$$\Delta' = a_1 - b_1 \frac{\bar{k}}{k} \quad (30)$$

The model is said "weakly nonlinear" in A because, in (26), the non-linearity is marked by only one term in A^3 . This non-linearity is due to the use of a Stokes water wave third order approximation i.e. by considering the terms in $\epsilon = k|A|$ and ϵ^2 in the disturbances method of the linear solution. The celerity C is thus expressed in the third order approximation by:

$$\frac{C}{C_0} = (1 + \epsilon^2 D) \tanh kh \quad (31)$$

where C_0 is the celerity for a linear deep water (initial offshore condition) and D is defined by:

$$D = \frac{\cosh 4kh + 8 - 2 \tanh^2 kh}{8 \sinh^4 kh} \quad (32)$$

This dispersion equation is distinguished from the linear case by the term in ϵ^2 and the corresponding water wave amplitude is thus in second order approximation (Liu and Tsay, 1984).

A.2 numerical implementation

REF/DIF computes the complex amplitude of the water wave A by a finite differences resolution of the equation (26) in any point (x, y) of a grid of dimension (mr, nr) . In fact, all the quantities calculated or used are indexed by (i, j) with:

$$x = (i - 1) \Delta x \quad (33)$$

$$y = (j - 1) \Delta y \quad (34)$$

where Δx and Δy are dimensioning coefficients. For a good stability, it is necessary that these quantities are selected in order to have 5 points of the grid by wavelength. By using an implicit finite difference for terms $A(i, j)$

$$\frac{\partial A}{\partial x} = \frac{A_{i+1,j} - A_{i,j}}{\Delta x} \quad (35)$$

and centered finite differences for second derivatives with respect to y , we obtain an explicit form of $A_{i+1,j}$ for all j . But, these explicit representation is less precise than an implicit computation. It's why the computation is done with an implicit Crank-Nicolson scheme. For a line i , the Crank-Nicolson scheme is given by

$$aA_{i+1,j+1} + bA_{i+1,j} + cA_{i+1,j-1} = dA_{i,j+1} + eA_{i,j} + fA_{i,j-1} \quad (36)$$

where the coefficients a, b, c, d, e and f vary in the complex plane.

This equation is then solve by the Carnahan, Luther and Wilkes method based on the inversion of a tri-diagonal matrix (Carnahan et al., 1969).

The Newton-Raphson iterative method is used for solving the linear dispersion, the Hedges and the Stokes relations.

A.3 technical abstract

- **Parabolic approximation** by the Minimax method allowing a 70° water waves dispersion with respect to the initial incident direction (Kirby and Dalrymple, 1986b);
- The **reflected** water wave is not taken into account by this model;
- Taking into account the **currents** applied on the distribution of water wave heights;
- Taking into account the **dissipative effect** of the emerged zones by the thin film method;
- Taking into account **lateral boundary conditions** either by reflective conditions, or by open boundary conditions;
- Taking into account specific incident (forcing) water waves of various types: a) monochromatic, b) pluri-chromatic c) spectral.

Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel)

Insights from the ZUK1 physical experimentation with rigid bottom

BRL Ingénierie



Please quote this report as follows: BRL Ingénierie, 2017. Coastal defense strategy along hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Insights from the ZUK1 physical experimentation with rigid seabottom and monochromatic waves. Report 17-6, BRL Ingénierie.

In a few words...

A physical experimentation called ZUK1 is conducted in a wave flume under the supervision of GLADYS (www.gladys-littoral.org). A 6 m long rigid mild-slope bottom is forced by monochromatic waves in the presence of geotextile tubes at different locations. Different sizes are tested also. The features of the experimental beach are compatible with the analysis of energy flux dynamics at Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel) while scale laws are respected as much as possible for wave energy transposition and transformation (potential, kinetic, friction). The various configurations combining wave regime & geotube location provide a good overview of the transformation of flux of wave energy between the shoaling zone and the inner surf zone. We define a transfer function for the potential wave energy over the geotube with a good accuracy. It is demonstrated that the geotube may be deployed in an intermediate position although a position as close as possible w.r.t the beach could have been a possible best solution if one would have considered the absolute attenuation at the shoreline only. The results are clearly consistent with what has been determined by automatic optimal design. Forth, we analyse the various component of the cross-shore velocity (mean flow, orbital flow) and we discuss how the geotube alter the spatial distribution of such variables nearby the geotube for various conditions. The transfer function helps the characterization of the best place for the geotube with respect to wave energy attenuation, with no consideration for other effects. The analysis of the circulation over the geotube helps the design of the scour apron to be deployed at the foot of the geotube if necessary. Regarding the transfer coefficient, the ZUK1 experiment demonstrates that a geotube deployed in an intermediate position, in between the shoreline and the fair weather closure water depth (typically around 300 m off the shoreline in Hatzuk) can result in an attenuation up to 25% approximately. This result is consistent with the forecasting provided by the optimal design. As a consequence, the ZUK1 experimentation can be considered as a successful model calibration of the optimal design for the Hatzuk project. Regarding the alteration of velocity nearby the geotube, since the experimentally measured currents remain of an order of magnitude equivalent with or without geotube, from a distance L of the structure, the risk of generalized scouring of the foot of the structure is considered to be low. Nevertheless, if dramatic global increases are not considered for the currents, local phenomena can occur against the structure. This is an area not covered by the experiment. The question will then arise, on a case-by-case basis, of the definition of a local protection device according to the geotechnical conditions of the site.

Contents

1	Introduction	4
2	Experimental setting and methodology	5
2.1	Scaling of the experiment	5
2.2	Wave forcing for the experiment	6
2.3	Methodology	7
3	Results	9
3.1	Wave heigh attenuation	9
3.2	Transfer coefficient	14
3.3	Velocities over and nearby the geotube	15
4	Conclusion	18

1 Introduction

The term geotextile refers to a wide category of robust man-made woven fabrics used in civil engineering to coat granular material, to prevent clogging by fine sediment particles and for many other usages. Originally, the term geotextile tube – or simply geotube – in coastal engineering refers to decametre long and metre wide sockets made of UV-resistant geotextile adapted to marine environment which are used to be deployed mostly onto the emerged beach to stabilize sand or nearby the wave closure depth to stop losses of sediment driven by currents. Through language evolution, the term geotube now refers to any structure made of geotextile that helps the beach system to recover health. Its functions can be largely extended to the control of nearshore hydrodynamics, water levels, energy distribution, morphodynamic control by supervision of hydrodynamics. Deploying geotubes is a kind of soft engineering, or even reverse engineering in the way that it uses tentatively the proper features of the natural system to influence its intrinsic evolution rather than to dictate a behaviour based on a partial understanding of its dynamics or defined after the immediate goal to achieve.

Along the Hatzuk Beach (Fig. 1) to the North of Tel Aviv (Israel), it has been decided to deploy geotextile tubes aiming at fighting against on-going erosion of the emerged beach and abrasion of the cliff foot observed at several locations (BRL Ingénierie, 2017b). More generally, expectations are placed in the ability of such a type of defense structures to protect the whole nearshore beach system and to favor a beach widening of several tens of meters.

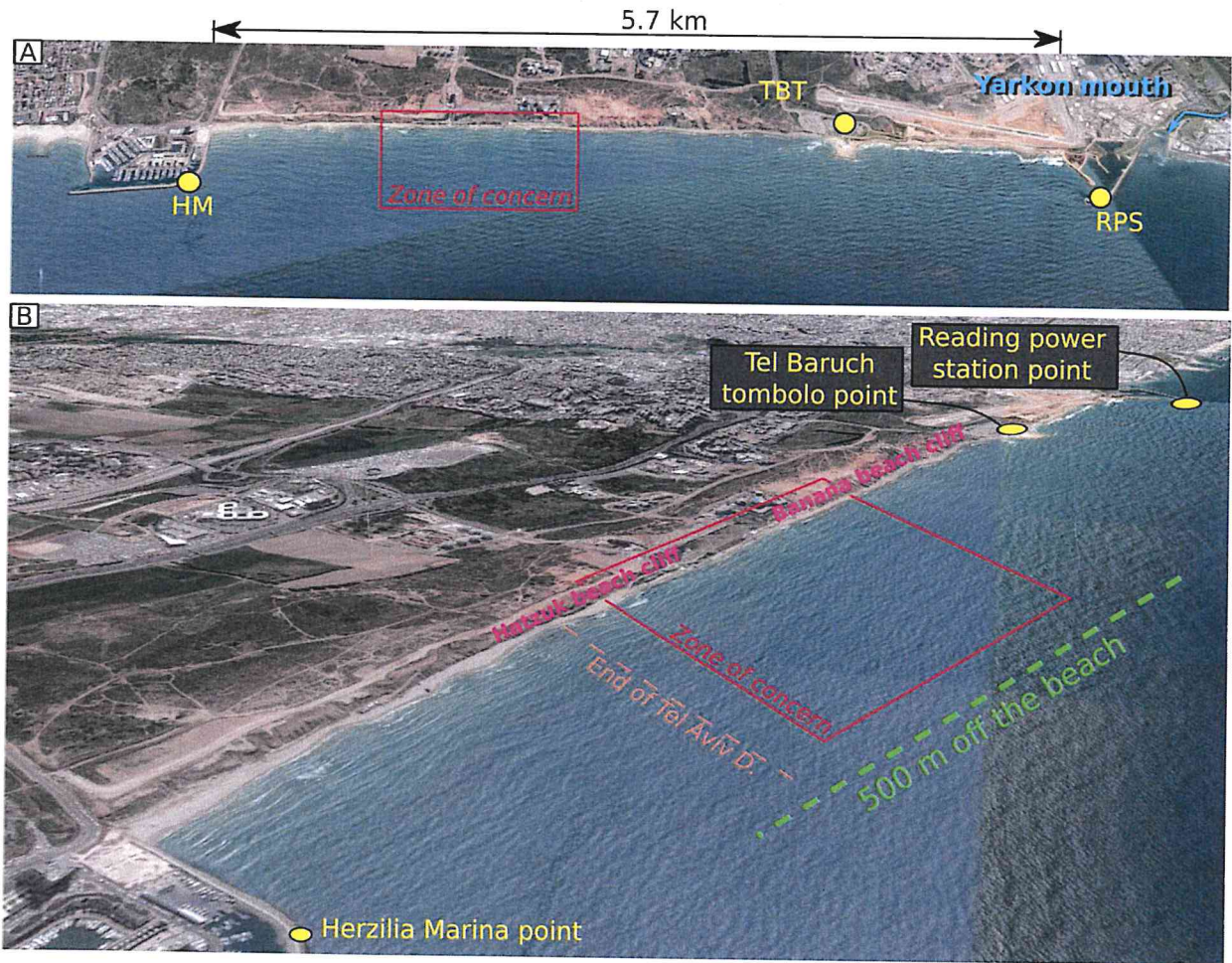


Figure 1: Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).

A coastal defense strategy based on the intelligent design of defense structures requires investigating several perspectives complementing each other to ensure that final recommendations to the decision makers are devoid of subjectivity and convincing enough to reach consensus. This report is part of such a global strategy which includes what follows:

1. determine what are the best shape, location and features for geotubes specifically dedicated to the protection of the Hatzuk beach system;
2. estimate the efficiency of the geotubes with respect to various targets (erosion, submersion, natural nourishment of the beach, general health of the beach);
3. check that a solution based on geotubes has a negligible impact on the regional circulation, especially downstream;
4. quantify the alteration of currents and waves nearby the geotubes and the possible subsequent scouring around geotubes;

The present report is dedicated to the exploitation of the ZUK1 experiment. Results from this physical experimentation with rigid bed provide informations mostly about the topics (1), (2) and (4) in the list above. The writing of this report depended upon some results from [BRL Ingénierie \(2017a\)](#), where best geotubes for Hatzuk have been calculated. The main insights from the present report are collected and synthetized in the PHASE 2 general report from BRLi ([BRL Ingénierie, 2017c](#)).

2 Experimental setting and methodology

The ZUK1 experiment is performed with facilities located at SEATECH (France), where members of the GLADYS network are hosted. The equipment used consists of a wave flume equipped with a wave maker, a rigid (plastic) sea bottom that mimics a mild slope hard beach, a set of 18 capacitive gages to monitor waves and several Vectrinos (devices that measure the 3D component of the instantaneous velocity at one point in the water column). The experiment concerns a typical dissipative sand beach profile from the shoaling zone to the emerged beach (Figs 2).

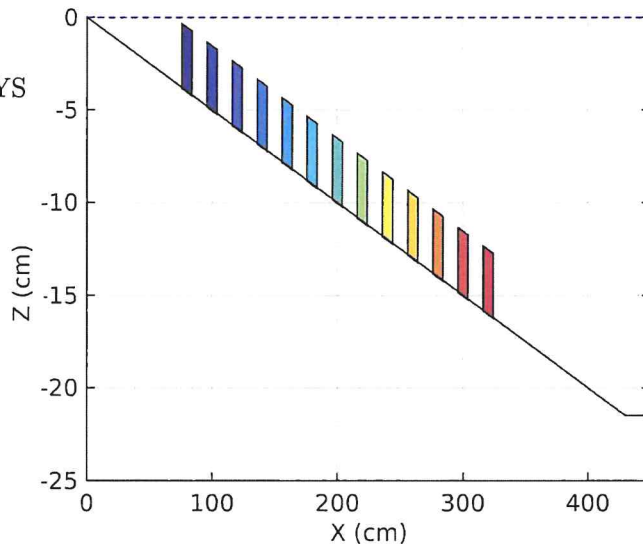


Figure 2: Sketch of the 6 *m*-long (4.5 *m* practically used), 0.5 *m* wide and 0.3 *m* deep experimental flume at SEATECH used by GLADYS for the ZUK1 experiment. The wave maker generates waves which incoming and transformation along the flume are measured at regularly spaced wave gages (every 10 *cm*) with a time resolution of 4 *Hz*. The colored rectangles represent the various positions (exactly 13 locations) explored for a 12-*cm* wide and 3-*cm* high geotextile tube. Alternative geotubes have been tested but are not presented here. Results are similar.

2.1 Scaling of the experiment

Physical modeling may introduce strong biases if the scaling of the experiments is not managed with care. The experiments in this study respect a similitude between the physical model and the field

(Michallet et al., 2007; Lambert et al., 2008; Grasso et al., 2009; Castelle et al., 2010). Indeed, time and length scale ratios with respect to field are roughly set to 1/9 and 1/100 respectively. The 4.5 m-long flume could represent a 450 m long natural cross-shore profile, from the foreshore to a point seaward the outer bar. Notice that the scale is not fixed exactly so that the real profile covered by the experiment can be of the order of 500 – 600 m as soon as the outer boundary of such a profile is a location where wave already started to shoal. The still water level in the flume is 0.22 m (fixed at the start of the experiment), which corresponds to a water depth of a little bit more than 20 m in the field, close to the mean offshore limit of the upper shoreface (Short, 1999). It is set to 6 m in northernmost Gulf of Lions (Certain et al., 2005) which is similar to what can be observed along israelian shorelines. The regular slope of the beach ($\approx 5\%$) is thus not to the scale (too strong) but we tentatively respect the spatial distribution of wave shoaling, wave breaking and swash along the bottom profile. The experimental beach is clearly dissipative like Hatzuk beach. The Reynolds number is in the range $[10^4; 10^5]$ which defines a clear turbulent regime. The Froude Number Fr , is set to the same order of magnitude as the one measured on typical beach profile. For the record, in this work, such a parameter is calculated as follows:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

$$Re = \frac{v.L}{\nu} \quad (2)$$

with g the Earth gravity, v a representative fluid velocity, h a representative water depth, ν [$m^2.s^{-1}$] the kinetic viscosity of the water (of the order of 10^{-6}) and L a typical length scale for the physics considered.

2.2 Wave forcing for the experiment

The wave forcings selected for this analysis are monochromatic and are representative of various wave regimes one can observe during eastern Mediterranean storms and their scaling with respect to real wave data (CAMERI, 2013) in Israel is good. The table 1 shows the 10 wave regimes considered for the ZUK1 experimentation.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9	case 10
H_0 [cm]	13.4	6.9	3.8	6.5	4.2	7.4	9.2	7.4	7.7	9.8
T_0 [s]	1.500	2.000	1.000	0.700	0.500	1.500	0.700	1.200	0.700	1.500

Table 1: Various "cases" (wave forcing conditions) applied at the wavemaker for the ZUK1 experiment. H_0 and T_0 are respectively the height and period of the incoming monochromatic waves considered.

During the ZUK1 experiment, Case 3 has not been used. We suspect a severe bias in the measure due to device malfunctions. The other configurations have been performed successfully and a flux of energy is calculated with the following equation:

$$\mathcal{F}_0 = \frac{g}{2\pi} \cdot H_0^2 \cdot T_0 \quad (3)$$

where g is Earth gravity, H_0 and T_0 the incoming significant wave heigh and peak period respectively. Following such a definition, the various wave forcing can be ranked (See Table 2).

An alternative way to consider such forcings is not to consider the energy flux but the relative value for the wave height and wave period. This allows to compare the forcings with in-situ conditions that could be observed in the field. Such a qualitative interpretation in terms of in-situ conditions is summarized in the Table 3.

Whatever may be the methodology used to decipher very energetic conditions from more moderate ones, the interpretation in terms of transfer function in the next section remains the same. This is mainly due to the fact that the most important parameter for the control of the geotube efficiency is the location of the breaking point along the profile, which depends upon many parameters, including the mean slope and the wave features.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9	Case 10
H_0 [cm]	13.4	6.9	3.8	6.5	4.2	7.4	9.2	7.4	7.7	9.8
T_0 [s]	1.5	2	1	0.7	0.5	1.5	0.7	1.2	0.7	1.5
\mathcal{F}_0 [cm ² .s]	420.17	148.54	22.53	46.14	13.76	128.14	92.43	102.51	64.74	224.73
Ranking	1	3	9	8	10	4	6	5	7	2

Table 2: Ranking of the various forcings with respect to the calculation of the incoming energy flux $\mathcal{F}_0 = \frac{\rho}{2\pi} H_0^2 T_0$. Flux of energy in deep water is linearly linked to the wave period and the squared wave height according to linear wave theory. Cases 1, 10 and 2 are the most severe conditions with respect to flux of incoming energy. Cases 6, 7, 8 and 9 are severe conditions, and cases 3, 5, 5 are much more moderate (case 3 being unused for the interpretation).

Wave regime	a_0	k_0	$k_0 a_0$	$k_0 h_0$	comment
Case 1	6.70	1.79	11.99	0.39	Very severe long wave
Case 2	3.45	1.01	3.47	0.22	Moderate long wave
Case 3	1.90	4.03	7.65	0.89	Conditions not validated. Unused
Case 4	3.25	8.22	26.70	1.81	Severe intermediate wave
Case 5	2.10	16.10	33.82	3.54	Severe short wave
Case 6	3.70	1.79	6.62	0.39	Moderate long wave
Case 7	4.60	8.22	37.79	1.81	Very severe intermediate wave
Case 8	3.70	2.80	10.34	0.62	nearshore Mediterranean wave
Case 9	3.85	8.22	31.63	1.81	Very Severe intermediate wave
Case 10	4.90	1.79	8.77	0.39	Moderate quite long wave

Table 3: A brief description of the various forcings in terms of relative wave height kh and free surface perturbation ka (where $a = H/2$ is the wave amplitude). Values are given at the wave maker (the fact that they are incoming forcing conditions is indicated by the zero subscript). The water depth $h_0 = 0.22$ m at the wave maker is set for all the experiment. For kh , values below $\pi/10 \approx 0.3$ point out shallow water conditions. Values greater than π clearly indicate deep water conditions. In between, values refers to intermediate water wave incoming conditions. For ka , the lower its value, the less perturbed the free water surface.

2.3 Methodology

One must understand that the methodology for the definition of a transfer function is based on a normalization of the experiment. We are not concerned by the definition of a best position for this experiment in particular. We look for a general relationship between the forcings and the relative location of the geotube (with respect to slope and/or water depth) so that we can provide more constraint on the case study in Hatzuk. For that purpose, we recall what is a flux of energy:

$$\mathcal{F} = C_g \int_{\Omega} (\mathcal{E}_p + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_m + Q) . dv \quad (4)$$

where C_g is the wave group velocity, \mathcal{E}_p the surface density of potential energy, \mathcal{E}_c the surface density of kinetic energy, \mathcal{E}_m the surface density of mechanical energy (that given by the water to the rigid bottom) and Q the heat produced by the agitation of the system. We assume that those various

contributions are all embedded in a general definition of the surface density of energy as follows:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (5)$$

where ρ is the water density, g the Earth gravity and H some representative wave height. Alternatively, the energy can be associated to a given wave frequency if a spectral definition is considered.

Now, we define more precisely the following terms:

$$\mathcal{E}_X = \frac{1}{8} \rho g \left(\frac{H_s(X)^2}{H_0^2} \right) \quad \mathcal{E}_X = \int_0^{F_{max}} \frac{\mathcal{E}(X)}{\mathcal{E}(\cup_i X)} df \quad (6)$$

where H_s are wave height measured at a given point along the beach profile and \mathcal{E} in the equation to the right are surface density like in Eq. 5 for a given wave frequency. One will note that \mathcal{E}_X are normalized surface density of wave energy.

The equation to the left defines the surface density of wave energy from the representative wave height (e.g. the significant wave height H_s) over a domain X . The equation to the right defines the surface density of wave energy over the same domain X after the full wave spectrum calculated at the wave gages located within X .

The Figure 3 provides the definition of transfer coefficient K useful to understand how wave attenuate over the geotube while they propagate to the beach. In this report, we focus on the coefficient:

$$K_{S_G} = \frac{\mathcal{F}_G(S_G)}{\mathcal{F}_R(S_G)} \quad (7)$$

where indices in G refer to experiments with geotube ($G = \text{geotube}$) and indices in R refer to experiments without geotubes ($R = \text{reference}$). The domain S_G includes the geotube itself and its immediate surrounding area. The term $\mathcal{F}_G(S_G)$ defines like in Eq. 4 represents the surface density of flux of energy that passes through the domain where the geotube occurs in the presence of a geotube, and the term $\mathcal{F}_R(S_G)$ represents the surface density of flux of energy that passes through the domain where the geotube may occur, calculated when the geotube is removed (we call this a reference experiment).

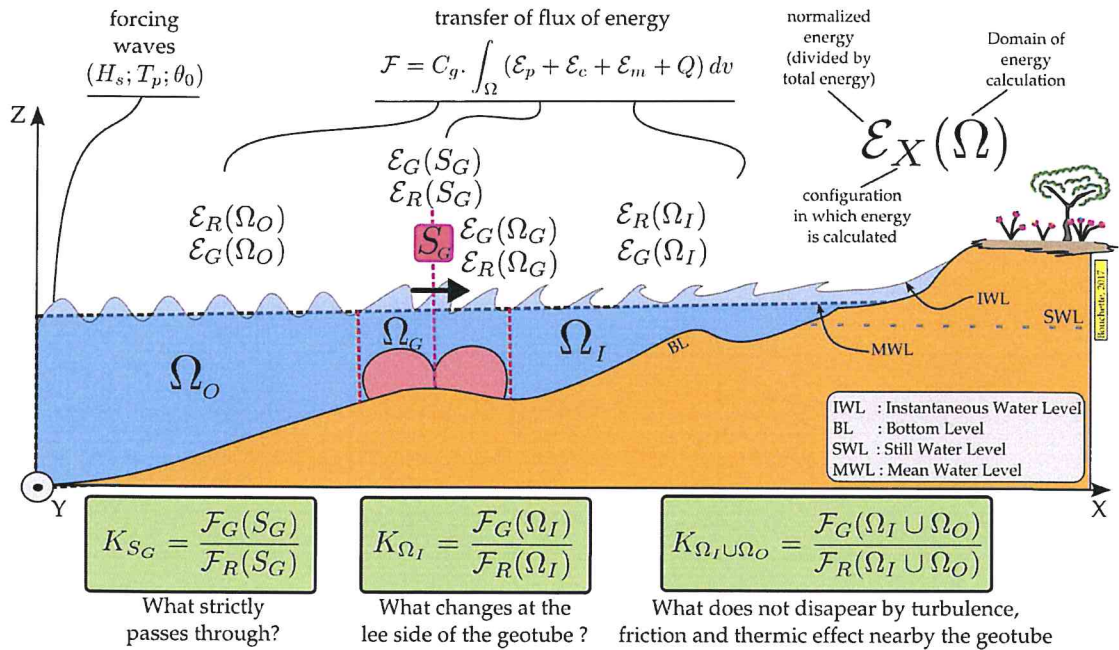


Figure 3: Definition of domains and transfer coefficients.

3 Results

The results consist in systematic calculations of wave heights and fluxes of energy for the various wave regimes described in Table 3 and for the 13 locations of geotube tested (Figure 2).

3.1 Wave height attenuation

We display the attenuation of the wave height along the cross-shore profile depending upon the location of the geotube along this cross-shore profile. The figure 4 shows the features of the wave attenuation occurring for the various wave regimes described in Table 3 without any geotube deployment. These plots define the reference.

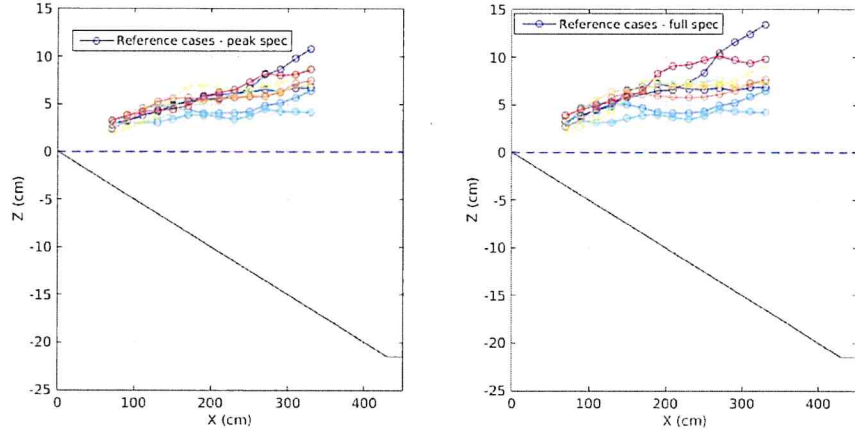


Figure 4: Variations of wave height attenuation without the occurrence of geotube, and depending upon the wave regimes (described in tables in the text). Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum.

Figures 5 to 13 plot the attenuation for a given wave regime and changing geotubes.

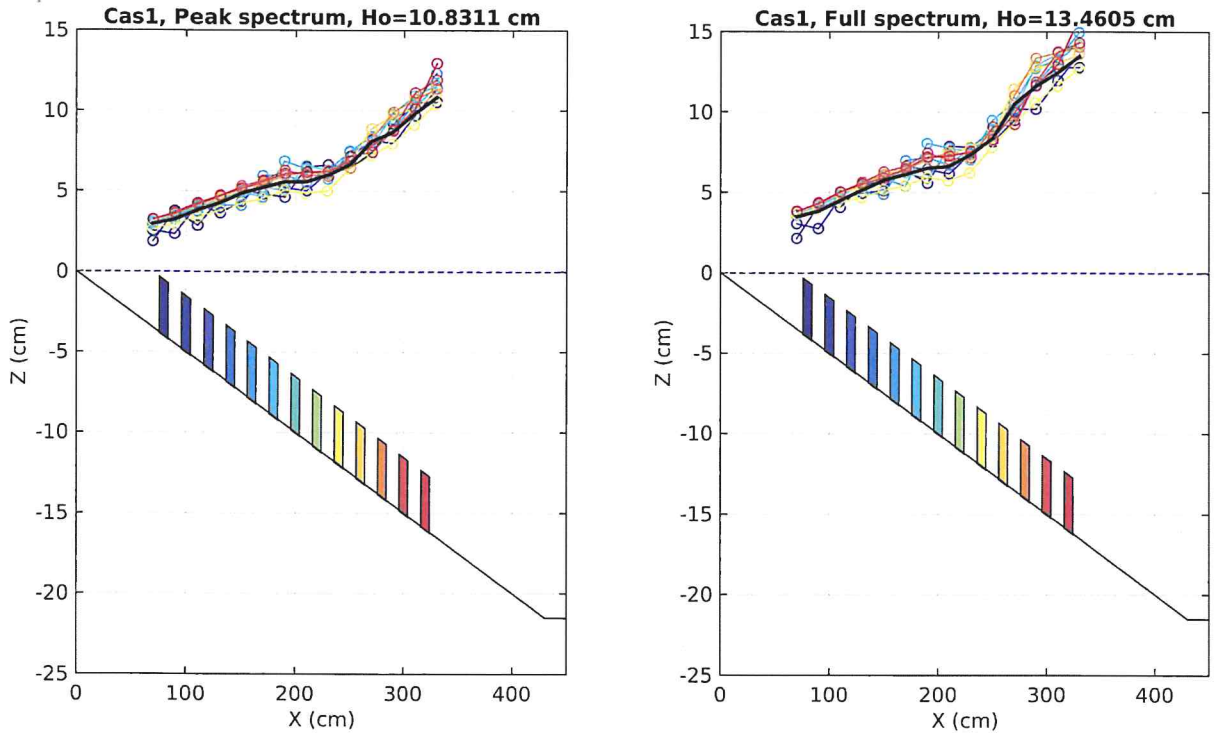


Figure 5: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 1. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

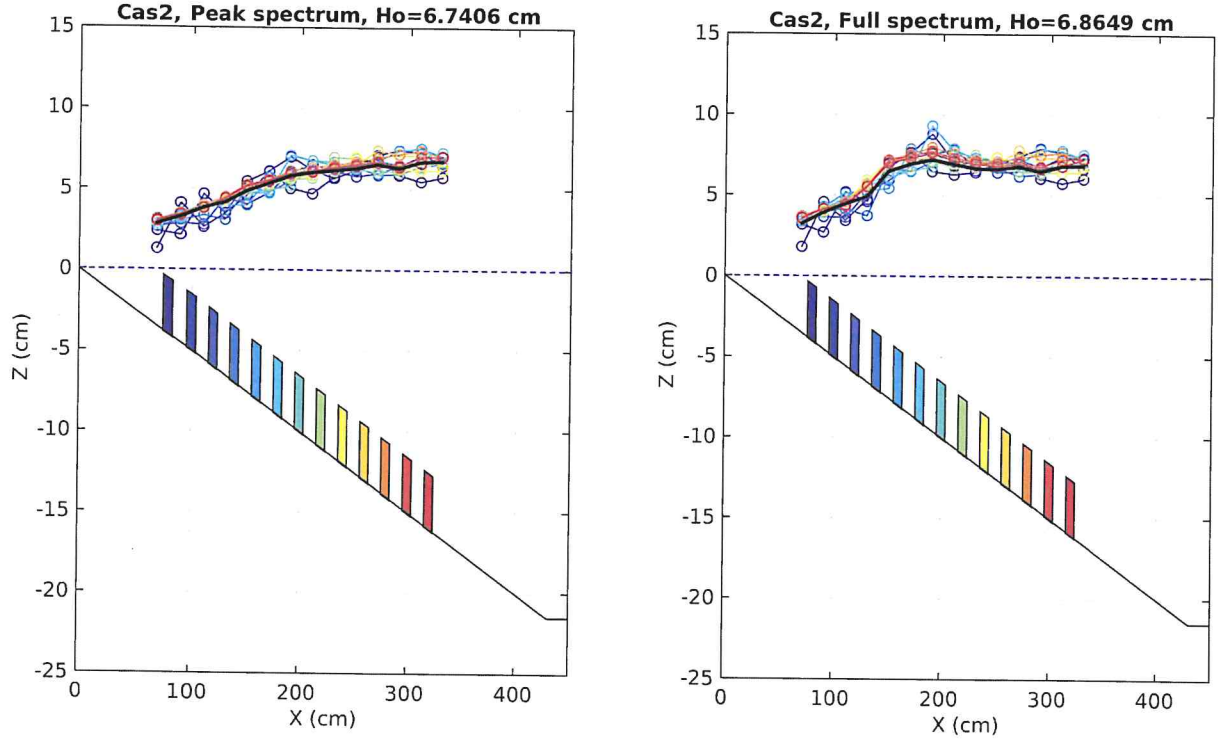


Figure 6: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 2. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

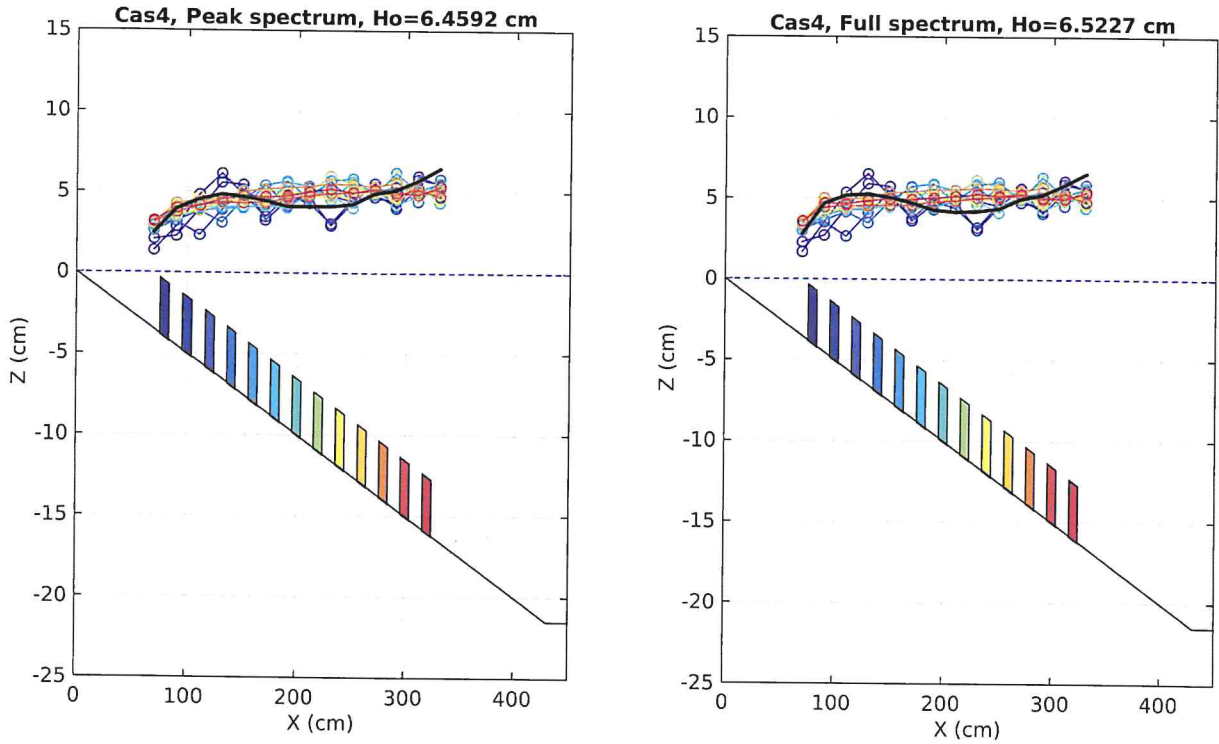


Figure 7: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 4. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

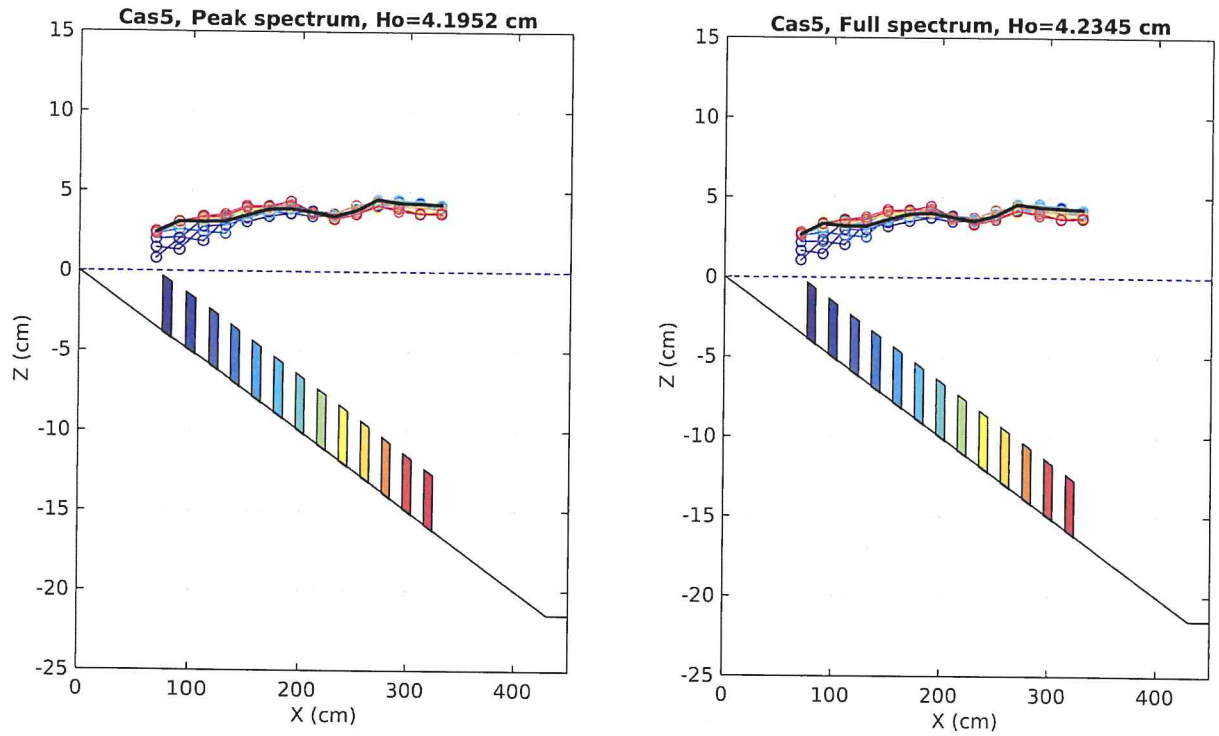


Figure 8: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 5. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

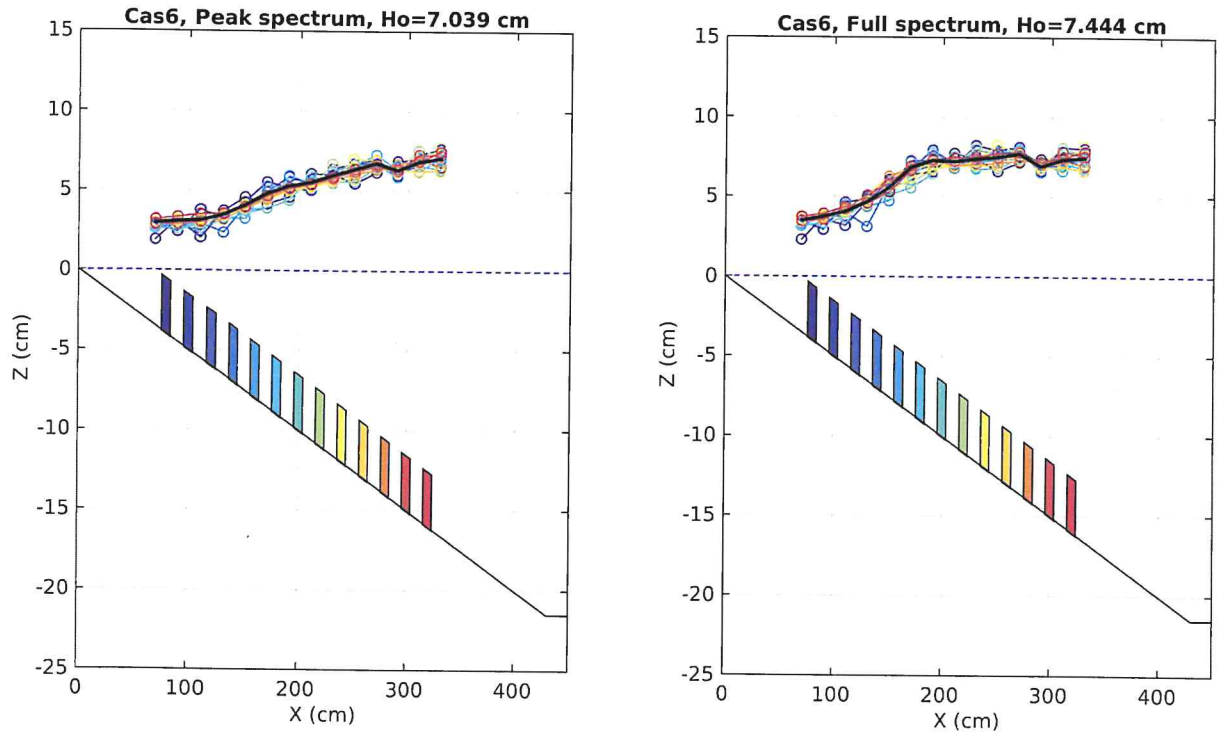


Figure 9: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 6. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

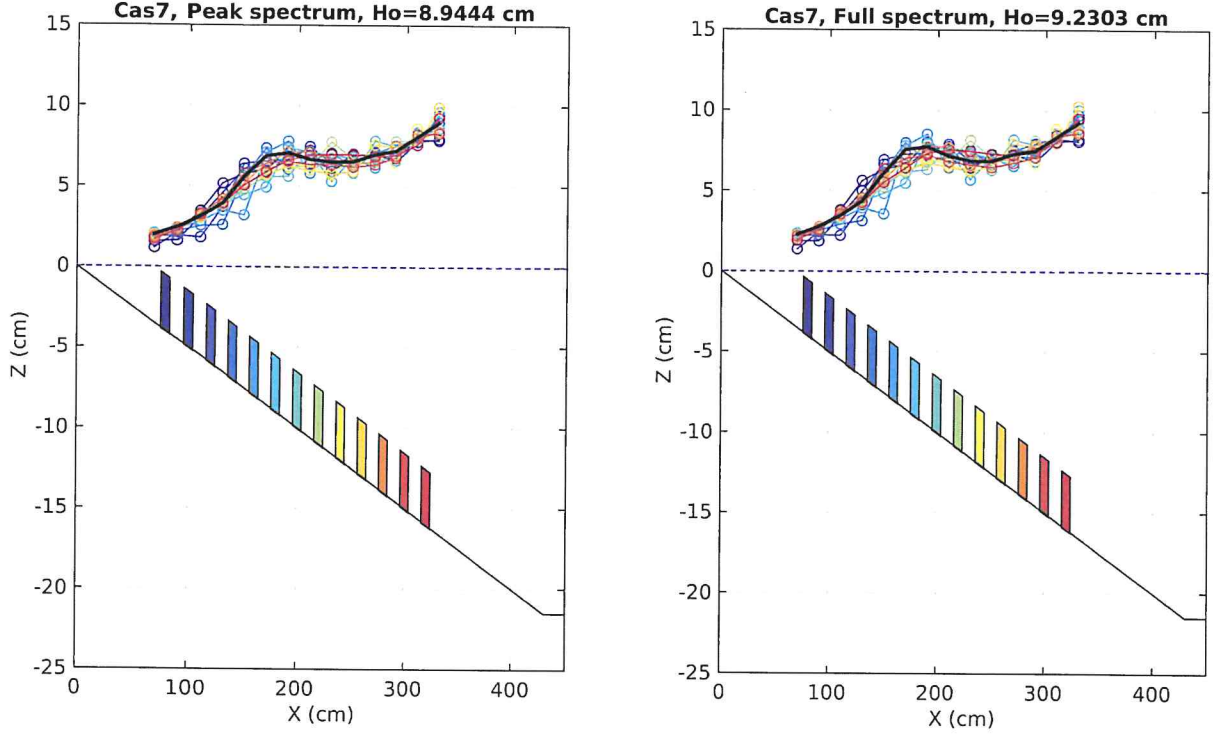


Figure 10: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 7. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

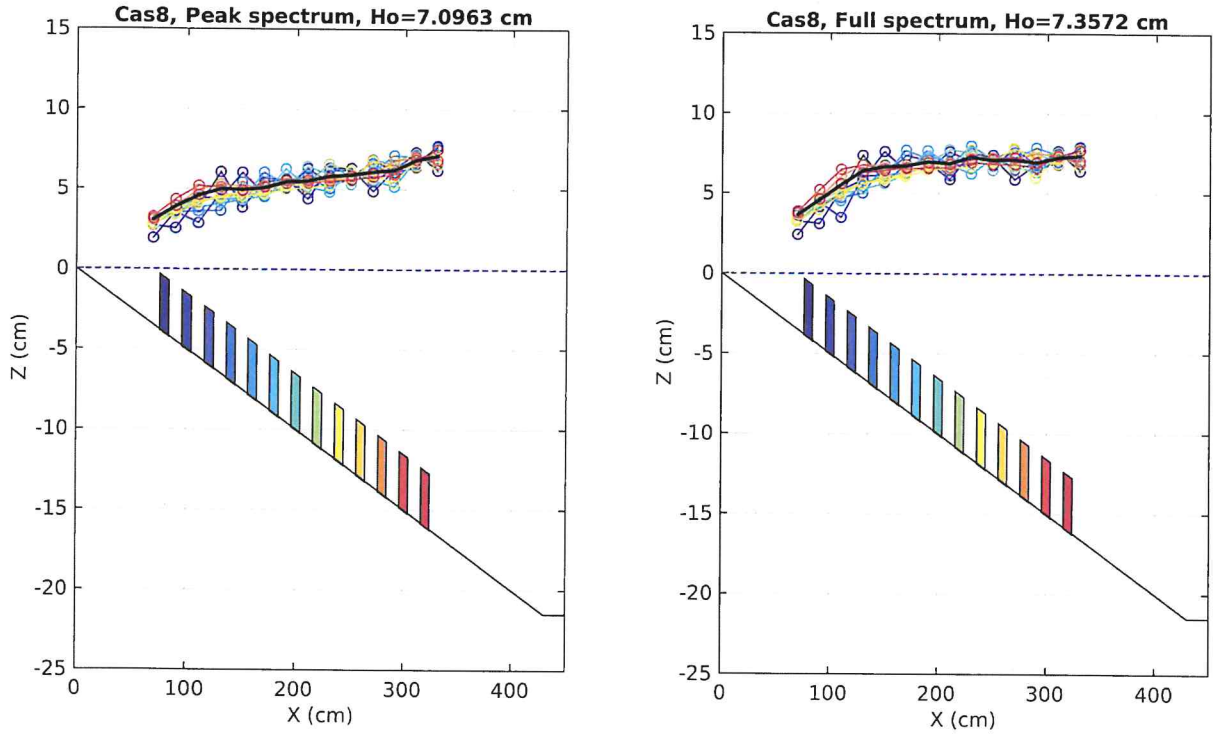


Figure 11: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 8. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

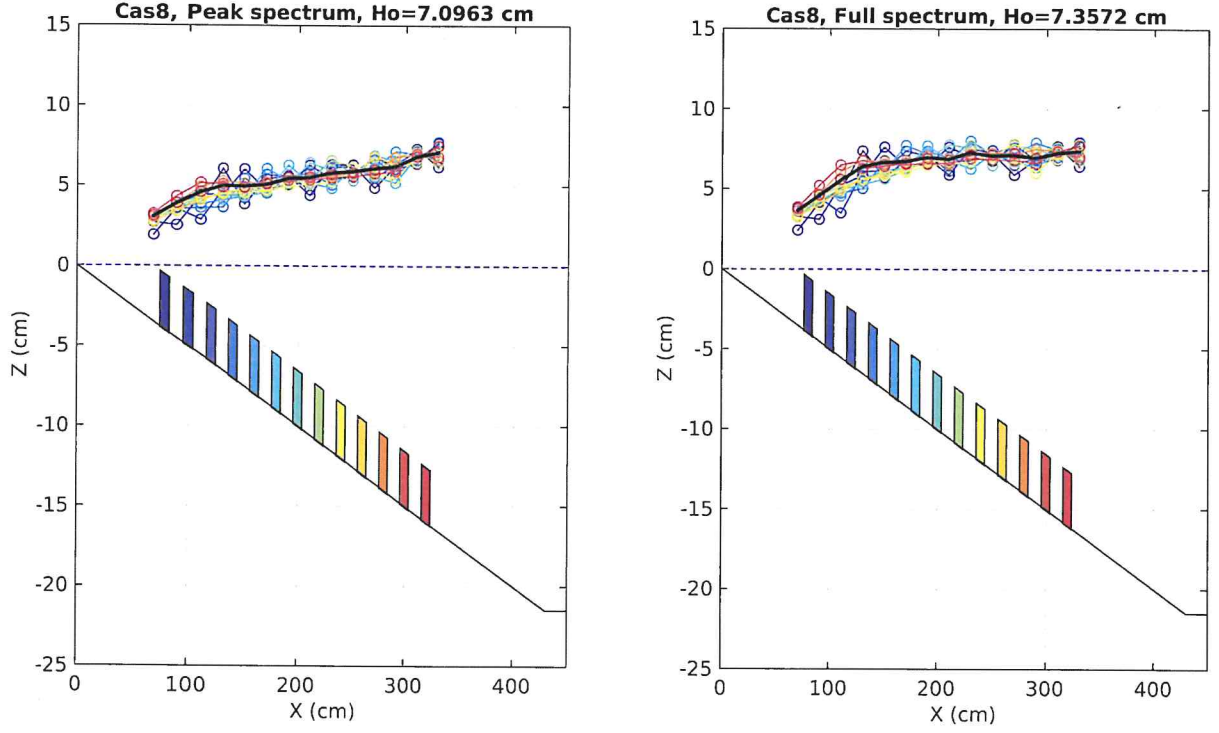


Figure 12: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 8. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

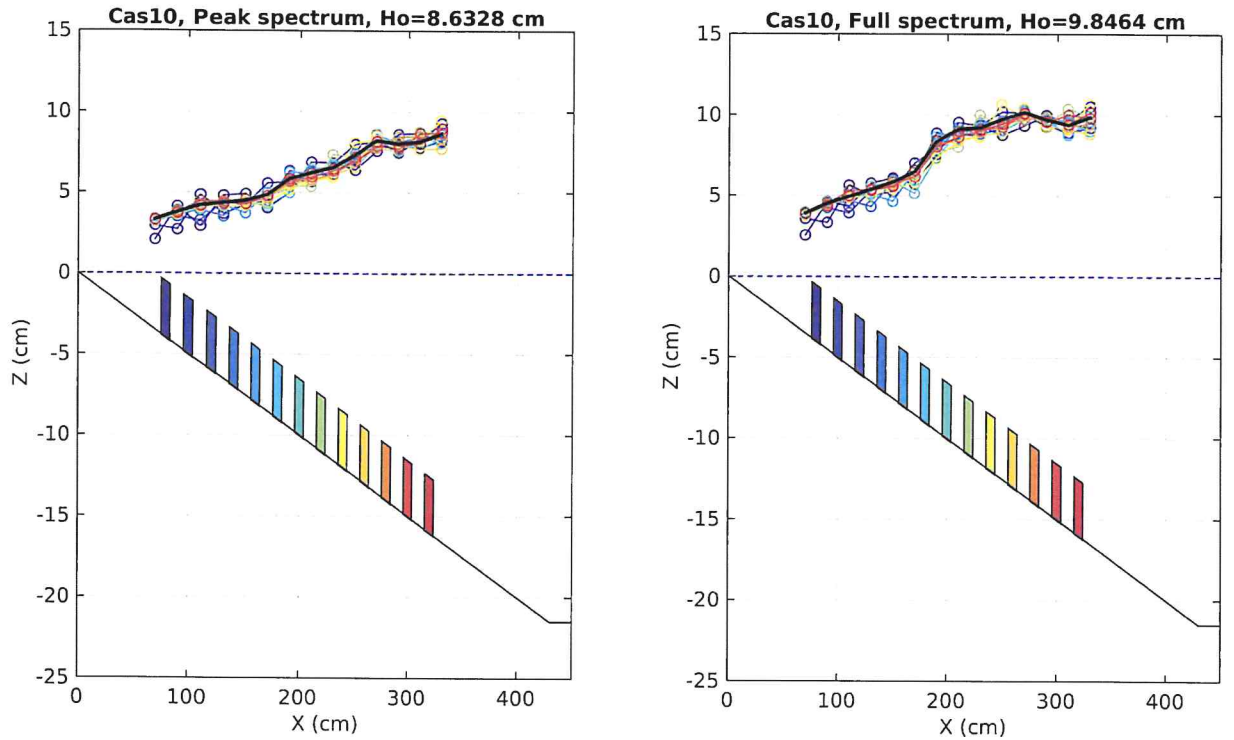


Figure 13: Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 10. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).

3.2 Transfer coefficient

We get 130 distinct values for K_{SG} that defines the transfer law for waves over a submerged geotextile tube. Case 3 has been removed from the interpretation (bad gage configuration).

The figure 14 synthetizes the various calculations of the transfer coefficient K_{SG} . First, it is demonstrated that the different methods to calculate K (with full spectrum or with wave height defined at wave peak period) provide results of the same order of magnitude. In the following discussion, we do not distinguish the methods anymore.

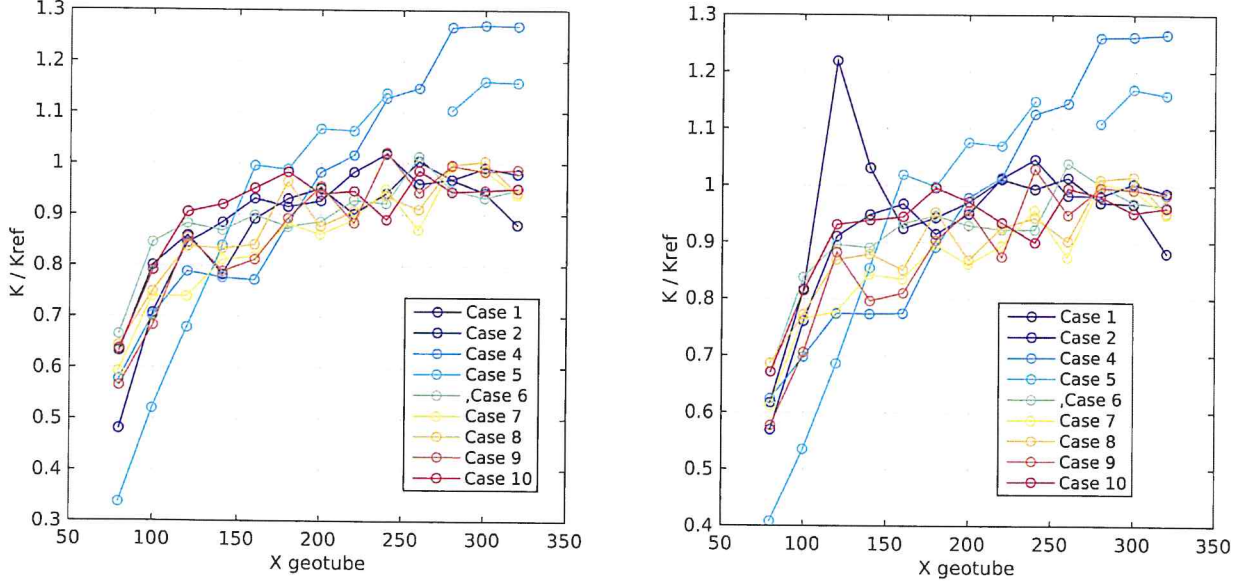


Figure 14: The transfer coefficient calculated after the flux of energy. Left: calculation with wave height taken at wave peak density spectrum. Right: calculation with the full wave spectrum. Discrepancies indicate some kind of uncertainty on the methodology. The shape of the curve is the same.

When the geotube is located close to the shoreline (small x), the transfer coefficient is good, in the interval $[0.3; 0.7]$. This means that the attenuation of the flux of energy can be up to 70% of its value without geotube for most of the wave regimes. This is a trivial result: in such a position, the geotube acts like a small seawall or breakwater. However, for these configurations, the nearshore domain protected by the geotube is very limited in the cross-shore direction. In particular, the zone in between 150 cm and 300 cm off the shoreline, where the wave breaking occurs for all the wave regime is located OFF the geotube. This would be a non sense to deploy a geotube in such a configuration, because most of the morphodynamic processes would occur offshore the defense structure, which would not have any defense effect but partly blocking the net seaward sand transport during storm, like beach foot defense structure can do in some (good) cases. Alternatively, when x are strong (close to the wavemaker), the transfer coefficient can be greater than 1, which means that the deployment of geotube increases the surface density of energy flux to the shoreline. The best locations are those that correspond to the lower transfer coefficient in the zone where wave strong shoaling and breaking can occur. This is approximately the domain

$$x \in [160 \text{ cm}; 200 \text{ cm}] \quad (8)$$

To the field scale, for a dissipative beach like that considered at Hatzuk, it corresponds to intermediate locations in between the shoreline and the closure water depth for fair weather conditions. In Hatzuk, such a closure water depth has been set approximately at 600 m off the shoreline. Thus intermediate locations in the range $[160 \text{ cm}; 200 \text{ cm}]$ in the experimentation correspond to locations around 300 m in the field. One will keep in mind that a significant uncertainty is set on that determination (not quantifiable).

The transfer coefficient in the domain $[160\text{ cm}; 200\text{ cm}]$ shows a energy flux reduction up to 24% (for the wave regime case 4). This is quite consistent with that determined by the optimal design procedure where we have determined a decrease of the agitation (global wave energy) in the nearshore domain around 26%. For all the wave regimes (to the exception of case 5 in full spectrum analysis), the attenuation of the wave agitation in the nearshore always occurs.

3.3 Velocities over and nearby the geotube

We have determined that a geotube located in between $x = 160$ and $x = 200$ should be at the best position with respect to the transfer coefficient K_{SG} . For the analysis of the circulation, we consider those two extreme geotube positions keeping in mind that the analysis for velocities in between (at $X = 170, 180, 190$) results in the same conclusions. For that two positions, we analyze the distribution/alteration of the circulation (water velocity) driven by the deployment of the geotube.

To do so, with the measurement of the instantaneous water level at several gages together with the measurement of horizontal and vertical velocity at specific points in the water column nearby the geotube, it is possible to reconstruct the total velocity u which is given by:

$$u = \bar{U} + U_{rms} + U_{turb} \quad (9)$$

where U_{turb} is the contribution of turbulence to the velocity, $U_{rms} = U_{orb}$ is the orbital velocity (averaged over a wave period) and \bar{U} the mean velocity (averaged over the experimental burst) that describes the unidirectional dominant mean flow.

Regarding the cross-shore circulation, the aim of the experiment is to define the variations of velocity in the area at the lee side of the geotube compared to the situation without geotube. For experimental reasons (sensor size and accuracy of the measurement), we analyze the circulation at two points termed "bed" and "top", and more especially at the point "bed", located in the lee side of the geotube, at a distance L equal to the width of the whole defense structure (Figure 15).

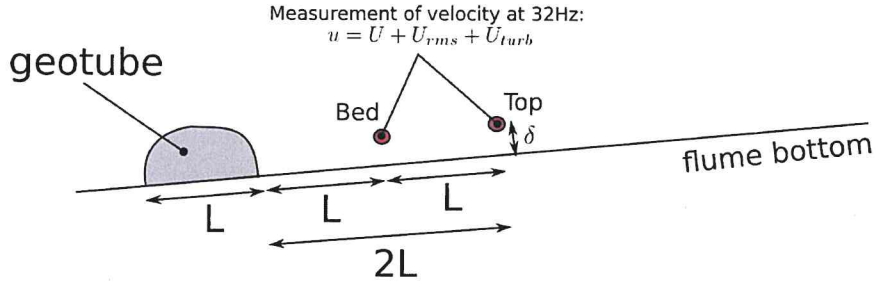


Figure 15: Presentation of the setting for the measurement of the velocity u nearby the geotube. The points "bed" and "top" measure the velocity at different points, respectively at a distance L and $2L$ at the lee side of a geotube of width L . The vertical distance δ is set so that the measurement is done where it is not fully dependent upon the boundary layer features.

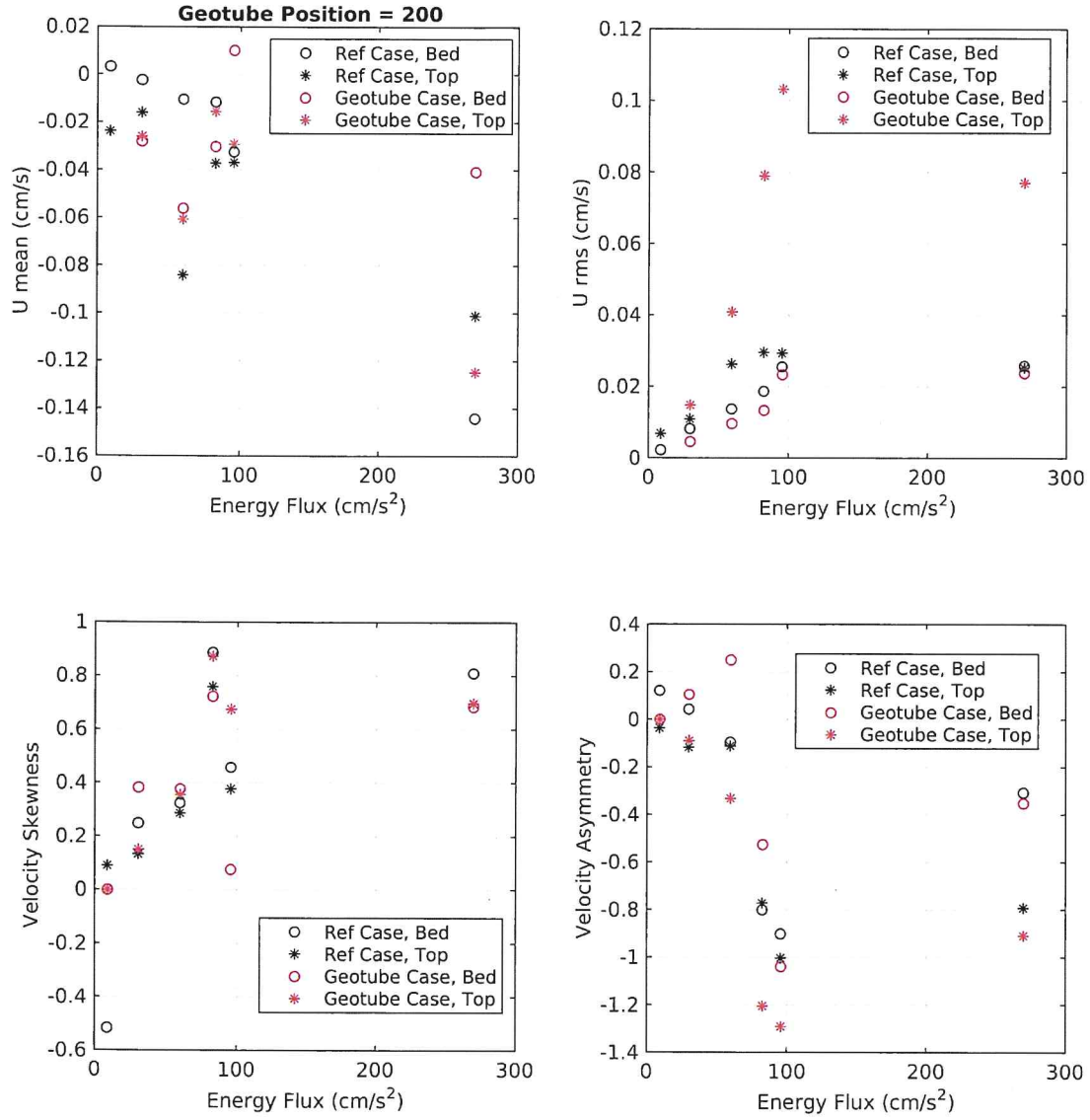


Figure 16: Top: Alteration of the mean velocity U (left) and the orbital velocity U_{rms} (right) for a geotube deployed at $X = 200$ with respect to the configuration without geotube. Each vertical alignment of circles and stars describes the result for a given wave regime. All velocities are positive oriented shoreward. Bottom: wave skewness and wave asymmetry (not directly used in the analysis).

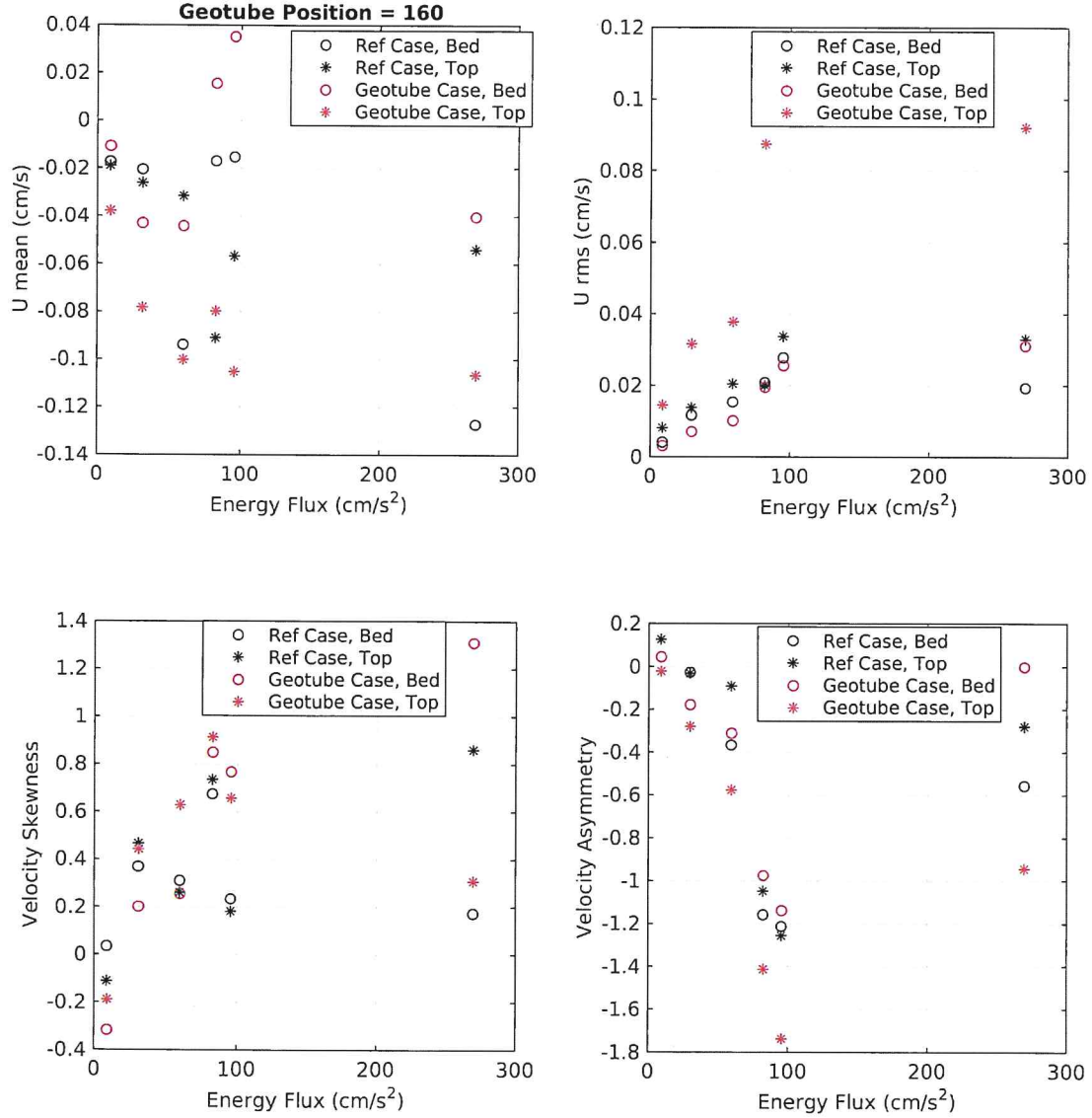


Figure 17: Top: Alteration of the mean velocity U (left) and the orbital velocity U_{rms} (right) for a geotube deployed at $X = 160$ with respect to the configuration without geotube. Each vertical alignment of circles and stars describes the result for a given wave regime. All velocities are positive oriented shoreward. Bottom: wave skewness and wave asymmetry (not directly used in the analysis).

Current measurements were conducted for a wide spectrum of energy flows. The two contributions to the total current mentioned above were derived from the raw measurement. We assume that the mean current (\bar{U}) is notably representative of the transport capacity and we consider that the orbital velocity (U_{rms}) is responsible for the remobilization of the sediment. The contribution associated with the turbulence U_{turb} was not retained for the analysis.

The compared analysis of the results of the two potential wave attenuator configurations (location at 160 and 200 cm in reduced scale, i.e. approximately 300 m off the coast) leads to the following observations.

At a relative distance L from the foot of the geotube ("Bed" position):

- Whatever the energy flow may be, the orbital speeds are little influenced by the deployment of the geotube;
- For low to medium energy flows (less than 100 cm.s^{-2}), the average velocity are modified, in

very unpredictable direction and intensity according to the energy level. However, they remain systematically much lower (by a factor 2) than the average currents observed without geotube under extreme conditions;

- For larger energy fluxes (above 200 cm.s^{-2}), the average velocity are greatly reduced.

At a relative distance of $2L$ from the foot of the geotube ("Top" position):

- For low energy fluxes, orbital velocities are little influenced by the geotube deployment;
- For intermediate and strong energy fluxes, the orbital velocities are strongly influenced by the deployment of the geotube. Such changes reveal the effects of the surge caused by the structure while waves pass over;
- The average velocities remain relatively unaffected (position 200) or limited (position 160) by the deployment of the geotube.

Velocities (mean and orbital) are modified in direction and intensity by the presence of a geotube. Here we measure the effect of the wave breaking due to the geotube. However, they do not undergo extreme modifications after the deployment of geotubes, the orders of magnitude remaining rather close to the situation without geotube.

Such experimental results are consistent with those observed during the reanalysis of the COPTER tests, showing slight sediment bed modifications at distances L and $2L$ of the geotube, and therefore orders of magnitude of the total current quite close between situation with and without structure.

4 Conclusion

Regarding the transfer coefficient, the ZUK1 experiment demonstrates that a geotube deployed in an intermediate position, in between the shoreline and the fair weather closure water depth (typically around 300 m off the shoreline in Hatzuk) can result in an attenuation up to 25% approximately. This result is consistent with the forecasting provided by the optimal design. As a consequence, the ZUK1 experimentation can be considered as a successful model calibration of the optimal design for the Hatzuk project.

Regarding the alteration of velocity nearby the geotube, since the experimentally measured currents remain of an order of magnitude equivalent with or without geotube, from a distance L of the structure, the risk of generalized scouring of the foot of the structure is considered to be low. Nevertheless, if dramatic global increases are not considered for the currents, local phenomena can occur against the structure. This is an area not covered by the experiment. The question will then arise, on a case-by-case basis, of the definition of a local protection device according to the geotechnical conditions of the site.

*

* *

References

- BRL Ingénierie, March 2017a. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory. BRLi 17-5, BRL ingénierie.
- BRL Ingénierie, March 2017b. Hydro-morphodynamics of Hatzuk beach, Israel. Contribution to report marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel, Phase A. BRLi 17-1, BRLi.
- BRL Ingénierie, april 2017c. Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel. phase A: state of knowledge, key issues, strategic solution, technical constraints regarding the project. BRL report 08-2, BRLi.
- CAMERI, 2013. Tel Aviv Area – Wave statistics for deep water based on Ashdod and Haifa wave measurements from 01/04/1992 to 31/03/2013. Tech. Rep. P.N 788/13, Technion City, Haifa.
- Castelle, B., Michallet, H., Marieu, V., Leckler, F., Dubardier, B., Lambert, A., Berni, C., Bonneton, P., Barthélemy, E., Bouchette, F., 2010. Laboratory experiment of rip current circulations over a moveable bed: drifter measurements. *Journal of Geophysical Research* 115 (C12008).
- Certain, R., Meulé, S., Rey, V., Pinazzo, C., 2005. Wave transformation on a microtidal barred beach (Sète, France). *Journal of Marine Systems* 38, 19–34.
- Grasso, F., Michallet, H., Barthélemy, E., Certain, R., 2009. Physical modeling of intermediate cross-shore beach morphology: Transients and equilibrium states. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 114 (C9), c09001.
URL <http://dx.doi.org/10.1029/2009JC005308>
- Lambert, A., Bouchette, F., Michallet, H., april 2008. Présentation des données expérimentales acquises durant les expérimentations physiques au LEGI (janvier / février 2008). GLADYS report 08-2, GLADYS.
- Michallet, H., Grasso, F., Barthélemy, E., 2007. Long waves and beach profile evolutions. *Journal of Coastal Research* SI 50, 221–225.
URL <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00267301>
- Short, A. D. (Ed.), 1999. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley & Sons.

List of Figures

1	Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).	4
2	Sketch of the 6 <i>m</i> -long (4.5 <i>m</i> practically used), 0.5 <i>m</i> wide and 0.3 <i>m</i> deep experimental flume at SEATECH used by GLADYS for the ZUK1 experiment. The wave maker generates waves which incoming and transformation along the flume are measured at regularly spaced wave gages (every 10 <i>cm</i>) with a time resolution of 4 <i>Hz</i> . The colored rectangles represent the various positions (exactly 13 locations) explored for a 12- <i>cm</i> wide and 3- <i>cm</i> high geotextile tube. Alternative geotubes have been tested but are not presented here. Results are similar.	5
3	Definition of domains and transfer coefficients.	8
4	Variations of wave height attenuation without the occurrence of geotube, and depending upon the wave regimes (described in tables in the text). Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum.	9
5	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 1. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	9
6	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 2. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	10
7	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 4. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	10
8	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 5. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	11
9	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 6. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	11
10	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 7. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	12
11	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 8. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	12

12	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 8. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	13
13	Variations of wave height attenuation depending of geotube position for the wave regime Case 10. Left: wave attenuation is computed with a wave height defined at the wave peak spectrum. Right: wave attenuation is computed with a wave height defined after the full wave spectrum. H_0 is recalculated at the wave gage located "offshore" (first wave gage after the wavemaker).	13
14	The transfer coefficient calculated after the flux of energy. Left: calculation with wave height taken at wave peak density spectrum. Right: calculation with the full wave spectrum. Discrepancies indicate some kind of uncertainty on the methodology. The shape of the curve is the same.	14
15	Presentation of the setting for the measurement of the velocity u nearby the geotube. The points "bed" and "top" measure the velocity at different points, respectively at a distance L and $2L$ at the lee side of a geotube of width L . The vertical distance δ is set so that the measurement is done where it is not fully dependent upon the boundary layer features.	15
16	Top: Alteration of the mean velocity U (left) and the orbital velocity U_{rms} (right) for a geotube deployed at $X = 200$ with respect to the configuration without geotube. Each vertical alignment of circles and stars describes the result for a given wave regime. All velocities are positive oriented shoreward. Bottom: wave skewness and wave asymetry (not directly used in the analysis).	16
17	Top: Alteration of the mean velocity U (left) and the orbital velocity U_{rms} (right) for a geotube deployed at $X = 160$ with respect to the configuration without geotube. Each vertical alignment of circles and stars describes the result for a given wave regime. All velocities are positive oriented shoreward. Bottom: wave skewness and wave asymetry (not directly used in the analysis).	17



TEL AVIV – YAFO MUNICIPALITY
ATARIM LTD



MARINE ENGINEERING PLANNING SERVICES OF SUBMERGED DETACHED BREAKWATERS WITH SAND FILLED CONTAINERS AT THE FRONT OF HA'TZUK BEACH IN TEL AVIV – YAFO, ISRAEL

***Stage A: State of knowledge, key issues, strategic
solution, technical constraints regarding the
project***

June 2017



	BRL ingénierie BP 94001 1105 Av Pierre Mendès-France 30001 NIMES CEDEX 5 - FRANCE Tel: 04.66.87.50.00 www.brl.fr/brli
---	--

Project n°	A00165
Name of the document	Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk Beach in Tel Aviv – Yafo, Israel- Report_Stage_A
Project owner	Atarim LTD
Creation date of the document	2017/06/15
Reference of the document	A00165_Report_Stage_A_V0
Index	V0
Contact	Nicolas FRAYSSE

Sending date	Index	Remarks	Produced by	Verified and validated by
15/06/2017	V0		Frederic BOUCHETTE Ann Sophie GABELLINI David de MONBRISON	Nicolas FRAYSSE

MARINE ENGINEERING PLANNING SERVICES OF SUBMERGED DETACHED BREAKWATERS WITH SAND FILLED CONTAINERS AT THE FRONT OF HA'TZUK BEACH IN TEL AVIV – YAFO, ISRAEL

STAGE A: STATE OF KNOWLEDGE, KEY ISSUES, STRATEGIC SOLUTION, TECHNICAL CONSTRAINTS REGARDING THE PROJECT

PREAMBLE.....	1
1. PART 1: INTRODUCTION & KEY ISSUES.....	3
2. PART 2: ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION	7
2.1 Israel marine space, general uses and coastal issues	7
2.1.1 Marine area and spatial delimitations	7
2.1.2 Uses in the marine area	9
2.1.3 Generality on Natural values and biodiversity	11
2.1.4 Israel Marine Plan: vision for Israel marine space sustainable future	12
2.1.5 Israel general coastal geomorphology and coastal issues	14
2.2 Tel Aviv area and Ha'Tzuk Beach infrastructures and uses	16
2.2.1 Tel Aviv - Yafo area, ports and marinas	16
2.2.2 Uses in Ha'Tzuk Beach	18
2.3 Environment situation and sensitivity of Ha'Tzuk Beach	21
2.3.1 Terrestrial scenery, ecological and archaeological sensitivity	21
2.3.2 Marine ecology and sensitivity	25
2.3.3 Archeological sensitivness of the area	29
3. PART 3: CHARACTERIZATION OF THE SITE AND CONTEXTUALIZATION OF THE STUDY.....	31
3.1 Ha'tzuk – Banana cliff sedimentary cell	31
3.2 Classification of Ha'tzuk beach system and Ha'tzuk – Banana cliff littoral cell	32
3.3 Typical hydraulic bar dynamics at Ha'tzuk	34
3.4 Possible shoreline shifts on a dissipative or intermediate wave-dominated barred sand beach	36



4. PART 4: QUANTIFYING HYDRO-MORPHO DYNAMICS AND LITTORAL ARCHITECTURE OF HA'TZUK BEACH	37
4.1 Presentation and exploitation of collected data	37
4.1.1 Wave statistics	37
4.1.2 Nearshore and regional circulation / transport	41
4.1.3 Ebb, Flow Regime and Sea Level	45
4.1.4 Shoreline dynamics	46
4.1.5 Sedimentology, seabottom textures and coastal architecture	49
5. PART 5: DEFINITION OF AN ADAPTED RESPONSE AND METHODOLOGY.....	54
5.1 Handling the key issues	54
5.1.1 Using geotube in Ha'Tzuk is a relevant idea to protect against erosion and possibly high water levels ?	54
5.1.2 Can we enlarge and secure stability of an emerged beach in Ha'Tzuk with a relevant defense strategy ?	54
5.1.3 Would the solution against beach erosion reduce also the formation of upper beach scarps during storms and thus would better control the beach cliff erosion ?	55
5.1.4 Would the transformation of the Ha'Tzuk hydro- morphodynamics by the deployment of geotubes modify that of Herzlyia Marina to the North?	56
5.1.5 Are beach or bar nourishment possible ?	57
5.1.6 Is there enough sand resource to create geotube system ?	57
5.1.7 Does the Geotube will modify the local biodiversity ?	57
5.1.8 Does geotubes affect sea traffic and does it need protection ?	57
5.2 Conceptual and practical design strategy	58
5.2.1 Optimal design for the best geotube solution	58
5.2.2 The conception strategy for the project	61
5.2.3 Physical modelling strategy	62
5.2.4 The calibration and quality insurance strategy for the project	63
6. PART 6: CONCLUSION AND ELEMENTS FOR CHOOSING A STRATEGY FOR THE PROTECTION OF HA'TZUK BEACH	0
APPENDICES	1
Appendix A- References	3
Appendix B- Design of a physical experimentation to test a defense strategy at Ha'tzuk beach (Tel Aviv Israel)	1

FIGURES

Figure 1 : A general overview of the northern part of Ha'Tzuk Beach and beyond (to Herzliya Marina) with a simple formulation of the questionings and constraints by ATARIM and their partners.	3
Figure 2 : Main Hydrodynamic processes and sediment transport involved in wave dominated sand beach environments.....	5
Figure 3 : The three Israeli water zones	8
Figure 4 : Overview of economic and natural wealth of Israel marine area	9
Figure 5 : Uses in the Israeli marine space	10
Figure 6 : The twelve goals of the Israel Marine Plan	13
Figure 7 : Beach rock – Ha'Tzuk Beach	14
Figure 8 : Tel Aviv – Yafo ports and marina	16
Figure 9 : Herzliya Marina.....	17
Figure 10 : Tel Aviv old port.....	17
Figure 11 : Tel Aviv Marina.....	17
Figure 12 : Jaffa old port.....	18
Figure 13 : view towards the north – main entrance to Ha'Tzuk Beach.....	18
Figure 14 : Ha'Tzuk Beach	19
Figure 15 : Ha'Tzuk Beach – scheme of existing protections	21
Figure 16 : Ha'Tzuk Beach –use of the rockery, protected slopes and walls to overcome topographic differences.....	21
Figure 17 : Ha'Tzuk Beach rockery, developed promenade and stairs	22
Figure 18 : regulated slope stabilized by plantation above the promenade and rain runoff outlet of Ha'Tzuk Beach	23
Figure 19 : stratigraphy of the coastal cliff and illustration of the cliffs in Ha'Tzuk Beach.....	23
Figure 20 : East artificial upper terrestrial environment (left) and north (right) natural cliff of north of Ha'Tzuk Beach	24
Figure 21 : Beach rocks south of Ha'Tzuk Beach until Tel Baruch	25
Figure 22 : Sandy beach (south of Ha'Tzuk)	25
Figure 23 : Beach Rocks south of the Ha'Tzuk Beach:.....	25
Figure 24 : 2-3 m depth rocky 2.5 m, flat stones and rocks covered and exposed alternately by the sediments.....	25
Figure 25 : south of Ha'Tzuk beach (area 26), beach rocks area and examples of erode shallow water rocks and colonized beach rocks.....	26
Figure 26 : Maps of sensitive coastal and marine areas in Ha'Tzuk beach (south: zone 26) and north (zone 25)	28
Figure 27 : Antiquities zoning areas of interest as defined by the Israel Antiquities Authority in Ha'Tzuk beach.....	29
Figure 28 : Ha'Tzuk beach and surrounding area key element of context.....	31
Figure 29 : Small portion of Ha'Tzuk beach system and highlights some important geomorphic features.....	32
Figure 30 : Litterature reference of beach systems.....	33
Figure 31 : The dynamics of nearshore sand bars in the context of a dissipative/ intermediate microtidal wave	35
Figure 32: Possible shoreline displacements driven by distinct processes occurring on a wave-dominated microtidal dissipative beach.	36
Figure 33 : Deep water wave conditions nearby Hatzuk	38
Figure 34 : Distribution of wave heights and wave periods at Tel-Aviv area.....	39
Figure 35: mechanics of along shore transport and wave angles.....	41
Figure 36: Possible circulation patterns in Ha'Tzuk beach.....	43
Figure 37 : sea level as dependent on the return periods in years	45
Figure 38 : changing of the sea-level according to Sheerman-Meltzer (2002)	46
Figure 39 : Example of Storm damages in Israeli mediterranean coast	46
Figure 40: Examples of shoreline position in Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell at different epochs (figures made after material provided by ATARIM/ Unknown copyright.....	47
Figure 41 : Changes of the coastline in Ha'Tzuk beach between 2004 and 2015.....	48



Figure 42: Bathymetric map of Ha'Tzuk beach.	49
Figure 44: Some photographs of Ha'Tzuk beach (April 29th, 2017).	50
Figure 44: A virtual cross shore profile of the coastal tract. Kurkar formation are cemented quartz sand forming the substrate of the coastal tract all along Israel	51
Figure 43 : hard sea bottom of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016)	52
Figure 45: The optimal design workflow.	59
Figure 46: Strategy for the defense of Ha'Tzuk against beach erosion & beach cliff abrasion.	61

PREAMBLE

The Tel Aviv – Yafo Municipality and/or "Atarim LTD", a subsidiary of the Tel Aviv – Yafo Municipality, intend to construct submerged detached breakwaters at the front of Ha'tzuk Beach based on Sand Filled Containers method. The breakwaters shall be designed to reduce the energy of waves that strike the shore and to preserve an optimal minimum coastal strip width throughout all seasons of the year.

The scope of work of stage A - feasibility study- contains 6 tasks :

1 Recommended impact area boundaries (sedimental littoral cell): Recommendation regarding the boundaries of the area that will impact the sand movement, based on an assessment of the physical outline of the coastal strip, marine measurements survey and aerial photos from previous years and other existing wave data measured using a floats located near the city of Haifa and the city of Ashdod.

2 Preliminary review of the littoral cell where submerged detached breakwaters with Sand Filled Containers would be constructed and preparation of an initial plan. The review shall include wave and flow data analysis with reference to the timing defined by the planner and approved by the Ordering Party; seabed data; and data of the coastal strip's width and composition. The planner shall submit an engineering report and plans with the aforementioned details, initial recommendations regarding a proposed structure of the aforementioned breakwater and preliminary setup of the proposed breakwater on the basis of this review.

3 Preparation of specifications of marine models for a laboratory. The marine models are intended to determine, among other things, what is the optimal minimum coastal strip width that could be preserved throughout all seasons of the year, considering given constraints.

4 Supervising of marine modeling by the laboratory:

5 Validation of the results of the marine models:

6 Submission of preliminary planning documents. After the model validation, the planner shall submit a set of preliminary planning documents to the Ordering Party.

This document is a contribution to the project "Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk Beach in Tel Aviv – Yafo, Israel" contracted by BRL Ingénierie with ATARIM (Tel Aviv, Israel). It is written to fulfil the tasks 1, 2 and 3 of the stage A. The task 3 is detached apart from the present document.

This document aims at (i) understanding the shallow water hydro- morphodynamics of the Ha'Tzuk sand beach system, (ii) pointing out the origin of some natural hazards in the area, (iii) promoting a relevant strategy to fight against such hazards, (iv) explaining such a strategy in plain terms, (v) demonstrating that this strategy is relevant and robust and (vi) providing important informations to the client for a fluent development of the next stages of the project and for any kind of communication need.

This document regarding tasks 1, 2 and 3 does not correspond to an official and contractual solution to the problem. This one will arise after task 6 to perform in the following months.



1. PART 1: INTRODUCTION & KEY ISSUES

Along the coastal zone of Israel, in the vicinity of Tel Aviv city (precisely at its northernmost border), the sand beach of Ha'Tzuk (or Ha'tzuk) suffers a significant erosion, a moderate cliff retreat and beach submersion events during storms. Such mechanisms make vulnerable economic stakes and human activities in the area. Indeed, the over- washing of the beach has already jeopardized some restaurants and sheds in recent years; the width of the sand beach is reducing through time and so the feasibility of beach recreative activities; forth, many stakes lay on top of surrounding coastal sand dunes which could be threatened at a longer time scale in the on-going climate change perspective. In such a worrying context, the organization ATARIM in Tel Aviv has been commissioned to develop and to implement a comprehensive coastal defense strategy. The practical goals of such a strategy with its already existing constraints – provided as we learn the larger lesson – are synthesized in the figure 1.

Figure 1 : A general overview of the northern part of Ha'Tzuk Beach and beyond (to Herzlya Marina) with a simple formulation of the questionings and constraints by ATARIM and their partners.



Source: Frederic Bouchette, BRL



The objectives formulated after the point of view of ATARIM are as follows:

- ▶ Geotextile tubes – or geotubes – are large sockets made of a robust geotextile and filled up with sand taken from the local shoreface. Geotubes can be deployed and shaped in many different manners. The beach defense strategy must be based on the usage of geotubes in some way. It is mandatory in this project simply because the use of geotubes has been originally mentioned in a previous (and now voted) global strategic plan. In this document, it must be demonstrated how we can organize the most efficient defense thanks to such a material. In particular, we must highlight how we hijack the geotubes from their classical purpose and how we set them at the very centre of an optimal design approach of the questioning;
- ▶ the solution advocated for Ha'Tzuk beach has to secure a minimal width for the emerged beach. Ideally, the beach wideness would be as large as possible; a critical threshold of 40 m has been demanded by ATARIM. In this document, we keep in mind that this objective is crucial and we define a solution to reach this objective as much as possible, although a given width cannot be guaranteed if sufficient sand resources within Ha'Tzuk shoreface do not exist;
- ▶ the beach defense strategy may tentatively reduce the formation of upper beach scarps during storms (ie when severe waves coupled to high water levels occur), and thus better control the retreat of the beach cliff at longer time scales;
- ▶ the beach defense solution implemented in Ha'Tzuk may not alter the hydro- morphodynamics of the domain located down-drift (i.e. to the North) and especially the Marina in Hertzlya;
- ▶ the beach defense solution has to be thought locally within a limited alongshore segment of beach in between the administrative Tel Aviv municipal boundary to the North and a (not precisely defined) dune topographic high point to the South. The solution may not be defined at the larger scale of the supposed sedimentary cell.

This document presents the first results of our study of Ha'Tzuk beach (we call this PHASE A) which are prerequisites for a correct edification of the beach defense strategy. First, we contextualize the study and we introduce the field site. Second, after we have gotten many data from ATARIM and their partners late April 2017 in Israel, we tentatively characterize what matters in the hydro-morphodynamics of Ha'Tzuk beach for our purpose and we establish from this analysis several assumptions relative to the physical processes at the origin of beach erosion and submersion within the field site. We question also the existing sand resources. Forth, the characterization of the ecosystem itself as well as all the informations relative to socio-economic activities are provided. Then, we introduce a first instance of defense strategy (which won't be the final one but provide a base for technical discussions). We document such a methodology. Last, in a discussion, we provide ATARIM with elements to make some choices for the next stages of the project. An appendix describes the specifications of a physical experimentation to come, required to achieve the project and by ATARIM to prepare an externalized call for proposal.

In this document, it is mostly referred to nearshore and shoreface hydro-morphodynamics relative to microtidal wave-dominated sand beach systems. The term hydro- morphodynamics refers to the relationships between :

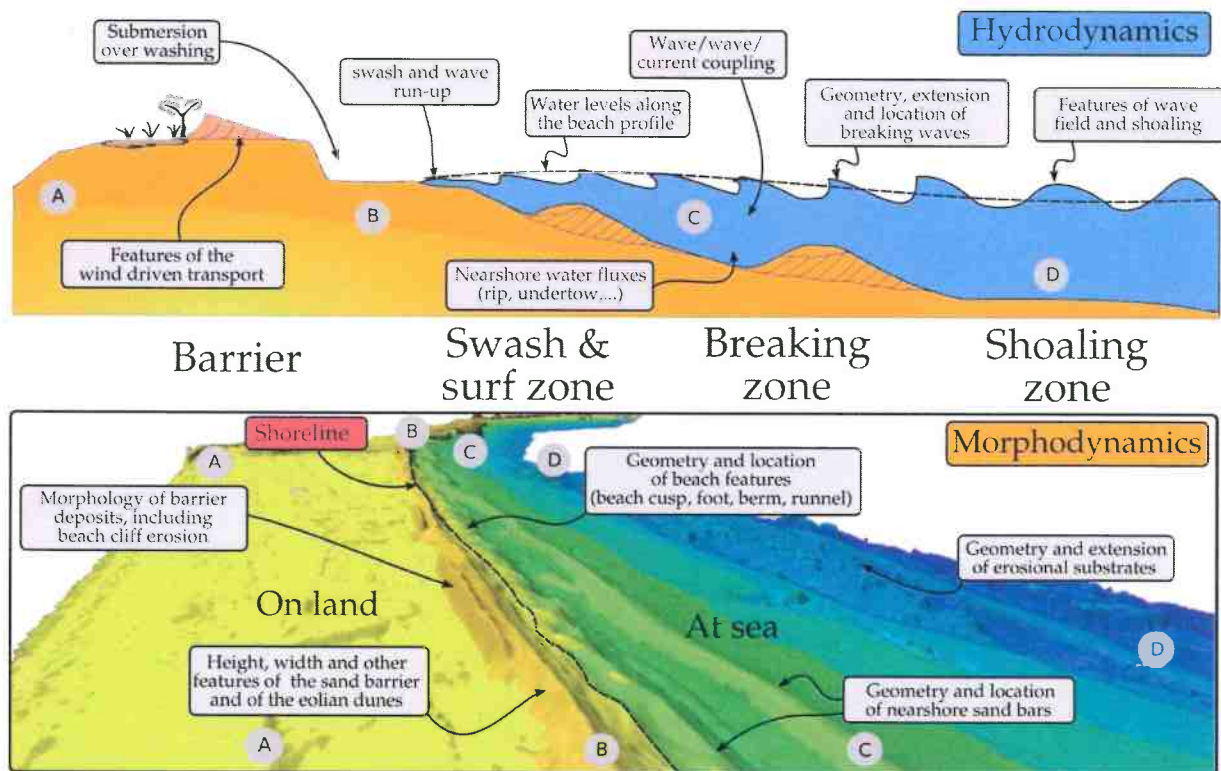
- 1) the water mass transport (velocity and water levels) forced by waves, tide, temperature and salinity (both of them controlling buoyancy) gradients, winds an atmospheric pressure,
- 2) the sediment transport and
- 3) the morphological response of the sea bottom and the emerged beach through beach erosion and accretion patterns, dynamics of sediment stocks, plan view shoreline displacements.

When the concern is a microtidal wave-dominated beach system, tide and very fine particles may not be considered as they have a subordinate influence on global dynamics. The term nearshore points out the narrow natural beach system ranging from the wave breaking zone to the swash zone where waves collapse and vanish onto the emerged beach. Alternatively, the term shoreface refers to a wider zone, extending from the top of the active profile on the emerged beach down to the closure water depth seawards, a location where the impact of waves on the sea bottom vanishes definitely. It includes the shoaling zone where waves transform as they propagate to towards the coast, and where regional current may have a significant impact under certain conditions.

For research and engineering, those terms corresponds to a very well defined set of hydro-sedimentary mechanisms whose characterization is of major concern for any activity in relation with coastal management & defense strategies.

In this document, we use a set of proper words in relation with nearshore and shoreface hydrodynamics which are recalled in Figure 2.

Figure 2 : Main Hydrodynamic processes and sediment transport involved in wave dominated sand beach environments



(A) : the main hydrodynamic processes involved in a wave-dominated microtidal sand beach environment. (B) the main morphodynamic processes for the same type of environment, like in Ha'Tzuk. Shoreline dynamics and dynamics of the water level to the coast directly result from the coupling of nearshore/ shoreface hydrodynamics and morphodynamics through sediment transport.

Source: Frederic Bouchette, BRLi

To achieve the afore mentioned goals, BRLi usually combines traditional engineering and innovative approaches. In this project, we extensively use what we call optimal theory for the design of coastal defense structures following our previous successful experiences of such a R&D for the deployment of geotubes in Sète (South of France) in

2006–2008 to fight against a dramatic beach erosion. In the document, we clearly highlight how traditional engineering and innovation are intimately combined in a robust manner to ensure the best defense strategy possible.



2. PART 2: ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION

This chapter presents an overview of Israel marine and coastal areas, and a focus on Ha'Tzuk shoreline activities, its environmental characteristics as well as summary of sensitivity.

It is based on different national documents, Coastal Agency and Tel Aviv Municipality documents on Hatuk Beach and Israeli websites:

- ▶ Coastal Area Management Programme Israel, 2000,
- ▶ Marine Policy Plan for Israel, 2014,
- ▶ Israel Marine Plan, 2015,
- ▶ www.touristisrael.com, www.selectisrael.com, www.bookingisrael.com, www.go-telaviv.com.
- ▶ Ha'Tsuk beach report (Municipality of Tel Aviv, Mediterranean Coastal Cliffs Preservation Government Company Ltd-Ethos-Pro-SIE), 2016.

2.1 ISRAEL MARINE SPACE, GENERAL USES AND COASTAL ISSUES

2.1.1 Marine area and spatial delimitations

Israel's marine space in the Mediterranean Sea is larger than the country's terrestrial land area, and can serve many needs of society, the economy and the environment. It contains enormous potential energy resources and is also the main source for the production of water for domestic consumption. It holds as well valuable natural and cultural heritage resources. At the same time, the marine space is also Israel's "blue lung", offering a vast open seascape and opportunities for leisure and recreational activities.

In recent years, the marine space, due to emerging human activities, has become an arena of conflicting uses, and between these uses and the natural and heritage resources it harbours.

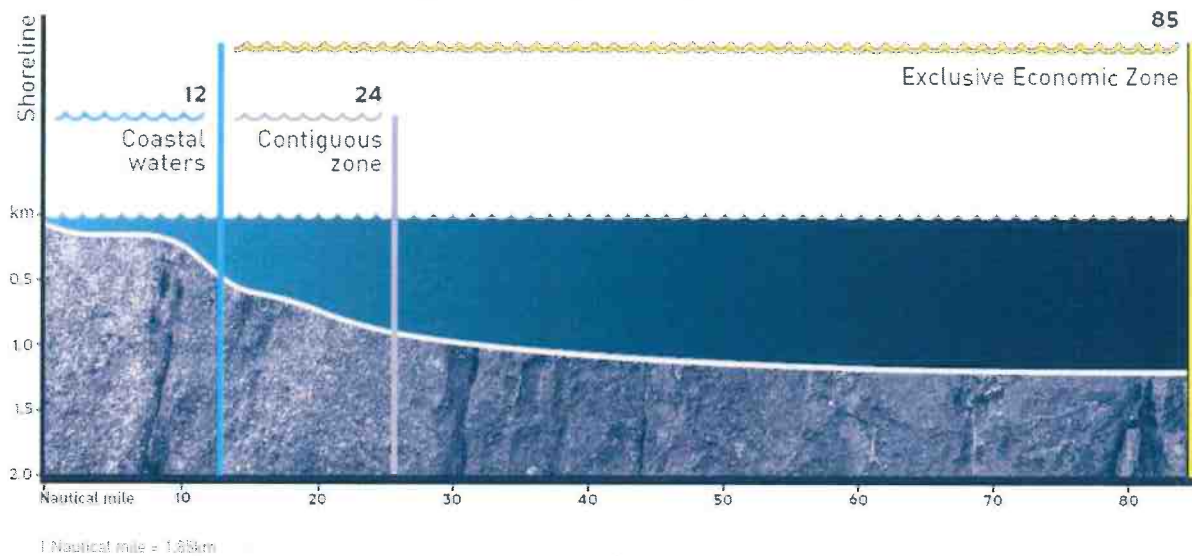
There are three different zones within the Israeli marine area:

- ▶ **Coastal waters (territorial/sovereign waters)** – up to 12 nautical miles westward from the shoreline, with a total area of over 4,000 km². The State has full sovereignty in this area, but foreign vessels have the right of "innocent passage".
- ▶ **The Contiguous Zone** – a strip that extends a further 12 nautical miles beyond the coastal waters (in other words, between 12 and 24 nautical miles from the shoreline), and constituting part of the Exclusive Economic Zone. The State may operate limited enforcement authority in order to prevent infringement of the law.
- ▶ **The Exclusive Economic Zone (EEZ)** – extending beyond the coastal waters to 110 nautical miles (NM) in the south of the country, and 70 NM in the north, to the mid-line between Cyprus and Israel, as agreed between them. The borders of the economic waters in the north and south have been marked as is customary in this matter between countries, but without any consent or agreement with Lebanon or the Palestinian Authority or Egypt.

In the EEZ, the country does not have full sovereignty and only enjoys exclusive economic rights (to explore, utilize and manage resources on and under the seabed, and in the waters above it; scientific research,...). Israel has not yet officially declared its Exclusive Economic Zone (as required by the UN Convention on the Law of Sea, UNCLOS).



Figure 3 : The three Israeli water zones



Source: Israel Marine Plan, 2015

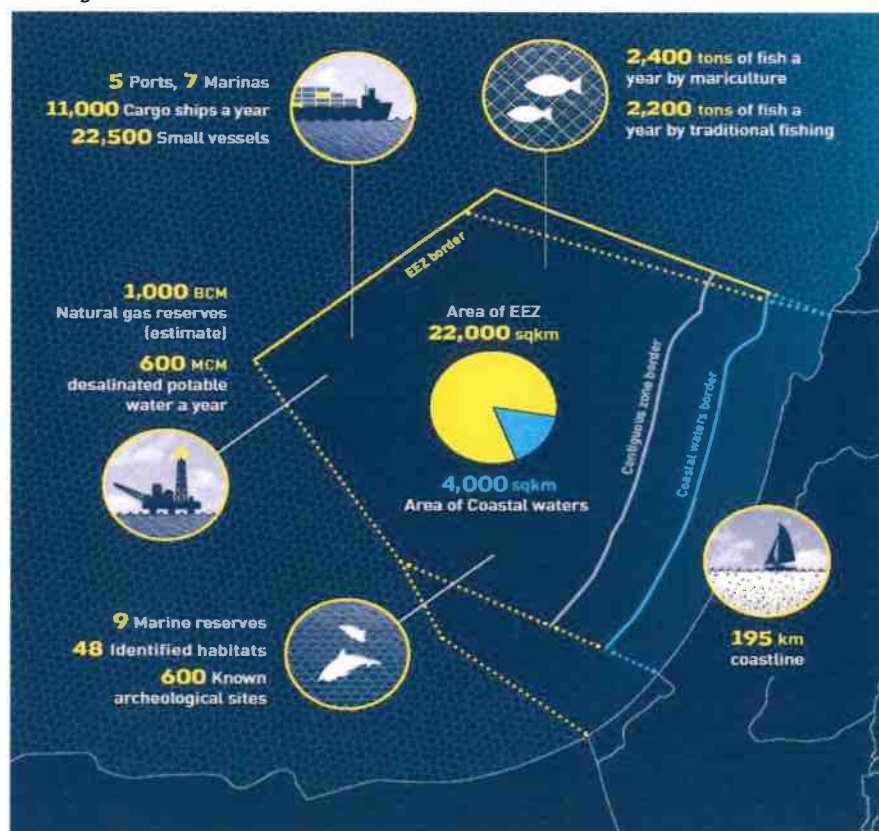
There is considerable potential in this marine area for providing a variety of services to Israel's society and its economy, through the development of existing activities:

- ▶ Port activities (commercial and pleasure),
- ▶ Energy activities (gas, petroleum, water desalinization),
- ▶ Traditional fishing and mariculture activities,
- ▶ Leisure activities on the coastline.

In addition, this area hosts a delicate marine environment and heritage that must be preserved:

- ▶ Natural habitats,
- ▶ Marine reserves,
- ▶ Fishery resources,
- ▶ Archeological sites.

Figure 4 : Overview of economic and natural wealth of Israel marine area



Source: Israel Marine Plan, 2015

2.1.2 Uses in the marine area

The Israeli marine space is also the cradle of early civilizations, coastal and maritime, rich and continuous from the Neolithic period until our times, and offers a fertile bed for research, study, education, and tourism and leisure activities.

In recent decades, the use of the sea itself has multiplied considerably with the discovery of natural gas. The sea is a rich and still to be discovered source of energy, enabling the State of Israel to come closer to energy independence, the development of engineering and technical knowledge, and the creation of supporting industries. The marine space also contains unique geological and biological features, and rare heritage values. The eastern Mediterranean can be observed and actually used as natural laboratory in which a large part of the world's marine geological phenomena occur, including significant tectonic activity.

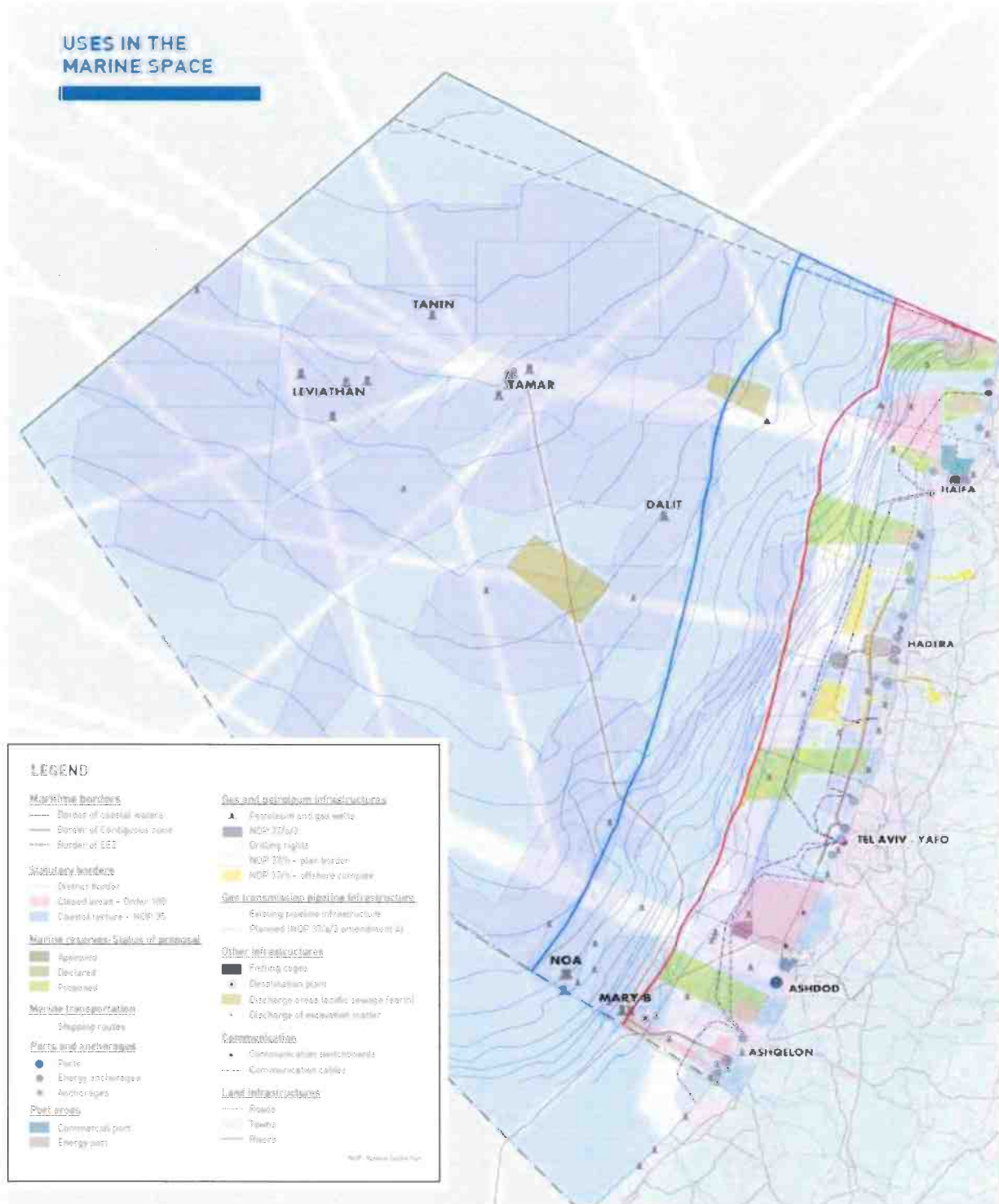
At the same time, there is a constant increase in the magnitude of maritime trade. Almost all import, export, and communication, vital to its existence and its continued prosperity and well-being are dependent on the marine space. Furthermore, for Israel as an "island state" (without peacetime relations with its neighbours), the sea is also a security front and important strategic depth. The greater the opportunities in the marine space, the greater are the threats.

The considerable pressures on Israel's densely populated land (especially its coastal strip), the doubling of its population within a few decades, its economic activities, and its social needs demand continued examination of the sea as a reserve area for land based development.



Poor management of fishing and actual overfishing has contributed to the depletion of fish, and caused serious harm to essential environmental resources. Controlled mariculture has been proposed by the Government to develop food from the sea in an economically and environmentally sustainable way (Aquaculture Strategy final draft in process in 2017).

Figure 5 : Uses in the Israeli marine space



Source: Israel Marine Plan, 2015

2.1.3 Generality on Natural values and biodiversity

ON LAND

Due to its geographical placement, Israel serves as one of the biogeographically most important land bridges of the globe. Along this land bridge, defined by the Rift Valley, biota have advanced and retreated during the last fifty million years:

- ▶ The Palearctic biota of Eurasia use the two mountain ranges east (Jordan) and west (Israel) of the Rift Valley in their southward advance,
- ▶ The Ethiopian biota of Africa and of the Saharo-Arabian deserts, use the Rift Valley and the coastal plain in their northward advance.

In addition, these corridors are used for the bi-annual Europe-Africa Palearctic bird migration, one of the most spectacular global flyways. A large part of this influx of birds is attracted to alight by water bodies and by irrigated agriculture. It also affects local ecosystems directly, by preying upon local resources, and indirectly, by transporting parasites and propagules of other species, mostly aquatic.

The country's geographical placement, combined with its spatial climatic diversity, largely affects its biodiversity:

- ▶ Overall species richness is very high,
- ▶ Most of the species are represented by peripheral populations,
- ▶ Though most of the species are not unique (endemic) to Israel, the communities (i.e. the assemblages of species) are unique.

The combination of climatic diversity, geographical placement and long evolution with human beings points at an impressive degree of richness and uniqueness of Israel's biodiversity—both with respect to its current state and to its evolutionary potential.

AT SEA

The Mediterranean Sea, though oligotrophic, is considered one of the world's most biologically diverse area. The Israeli marine areas contain an important abundance of species of tropical origin, most of them being invasive species arriving via the Suez Canal and spreading north. This diversity is also attributed to evolutionary processes and its unique location in a transition area between tropical and temperate zones. Within its boundaries one finds unique geomorphologic phenomena that also constitute special habitats, such as underwater ridges, trenches, and canyons, deep-sea plateaus, submarine landslides, hydrothermal vents and more.

Israel's marine space constitutes of large areas of soft substrate and some more limited hard substrate habitats, including those that are globally unique, such as the coastal abrasion platforms, the Achziv submarine canyon, the underwater Eolianite or sandstone ridges (kurkar ridges), methane seep areas and deep-water corals.

Israel is a signatory to the Convention on Biological Diversity (CBD), which obligates it to conserve and protect at least 10% of its marine space (up to the EEZ border) and the Barcelona Convention. Marine nature reserves already exist, and the Israel Nature and Parks Authority's master plan for large and special reserves is meant to preserve and protect unique and representative habitats along the coast and in the territorial waters. However, currently, the total area of the existing reserves amounts, at present, to less than 10% of Israel's territorial waters.



2.1.4 Israel Marine Plan: vision for Israel marine space sustainable future

Israel marine space offers a considerable potential for development that could also represent a serious threat to the ecological balance of the marine environment, causing irreversible damage.

National attention to the opportunities and threats in the marine space has increased considerably in recent years, mainly because of the discovery of large gas reservoirs. Attention has also increased due to the understanding that initiatives in and around the area will continue to expand, and that it is also necessary to take into account global changes such as climate change, and geological and political developments in the eastern Mediterranean. However, this attention has not yet coalesced into a clear spatial policy and effective regulatory tools for planning and managing the space.

Until now, there has been no overall planning of the marine space, and policies addressing this area are currently lacking, especially when compared to the level of administrative concern and planning effort allotted to Israel's terrestrial part.

Mechanisms are needed for planning and managing the marine space and its resources based on scientific knowledge, in order to balance development, preserve the resilience and health of the marine environment while protecting the sea's resources for the coming generations.

In that sense, the Israel Marine Plan has been completed in 2015 and its vision takes into account the characteristics of the Israeli marine space, and its natural, economic and cultural values. This vision serves as the main framework that leads the plan's principles and goals:

“The marine area will be an integral part of the Israeli space and an essential component of its future economic well-being, environmental resilience and social and cultural development for the benefit of its residents, guests and future generations. This will be achieved through the implementation of integrative governance that is ecologically balanced and participatory, the sustainable use of marine resources, the enhancement of the marine landscape and heritage, the promotion of marine research and knowledge, and through the realization of international responsibilities and cooperation.”

In order to realize the vision of the Israel Marine Plan, 12 goals have been determined:

- ▶ 1. Improve governance of the marine space,
- ▶ 2. Advance scientific knowledge and develop information about the marine space and make it accessible,
- ▶ 3. Protect, conserve and rehabilitate the marine environment,
- ▶ 4. Develop energy resources in the Marine Space in a wise and cautious manner,
- ▶ 5. Develop shipping, ports and sailing in a cautious and sustainable manner,
- ▶ 6. Develop sustainable interfaces of fishing and mariculture,
- ▶ 7. Use the marine space as an alternative for land uses in a cautious and sustainable manner,
- ▶ 8. Incorporate security considerations in the planning and balanced management of the marine space,
- ▶ 9. Prepare for the impact of climate change on the marine and coastal space,
- ▶ 10. Establish the status of the sea as a public entity, and develop sustainable uses for the public benefit,
- ▶ 11. Discover, conserve and enhance the heritage and cultural treasures in the marine space,
- ▶ 12. Develop the role of the sea as a bridge and an opportunity for international cooperation.

Figure 6 : The twelve goals of the Israel Marine Plan



Source : Israel Marine Plan, 2015

2.1.5 Israel general coastal geomorphology and coastal issues

COASTAL CHARACTERISTICS

The orientation of the Israeli continental shelf follows that of the coastline, gradually changing from south-west in the south to north-south in the north. The continental shelf is generally smooth, with the exception of two major morphological features: the Akhziv Canyon a few kilometers south of the Israeli-Lebanese border and the protrusion of Mt. Carmel. Other irregularities are formed by submerged kurkar (a local term for eolianite sandstone) hills which crop out of the surrounding sediment. Their elevation is a few meters although some reach above sea level to form small islets.

The Israel coastal landscape is for the most part characterized by sandy shores, backed by sand dunes in the south, a low escarpment in the center and narrow beaches to the north with the exception of the wide Haifa Bay.

Much of the coastline consists of a coastal cliff, which ranges from low bluff mostly in the south to a pronounced cliff, which is almost continuous in the centre. The cliff is built of alternating layers of kurkar and red-brown sandy loam called hamra.

The smooth and low topography is broken at two sections where mountain ranges reach the coast at Rosh Hanikra and Mt. Carmel.

Beaches along most sections of the coast are relatively narrow, ranging in width between 20 to 50 m. Beach rock is mostly present, consisting of consolidated sand, kurkar fragments and shells. It is located on the beach at the water level and forms abrasional platforms, which provide some protection from waves. Partially submerged, kurkar ridges also cause formation of tombolos, lagoons and small bays.

Around Tel Aviv region, the seabed is mostly classified as sandy soil with low content of fines.

Figure 7 : Beach rock - Ha'Tzuk Beach



Source: BRLI, 2017

The natural landscapes of the coast are enhanced by cultural landscapes including ancient cities and many on- and offshore archaeological sites and remains, from shipwrecks to submerged prehistoric settlements.

COASTAL ISSUES

DEVELOPMENT PRESSURES

The combination of urban and economic pressures for development, coupled with the attraction of the coastline for tourism and recreation, has exacerbated the conflicts along the Mediterranean shoreline of Israel.

Moreover, reduced profits in the agricultural sector have triggered further pressures for the conversion of agricultural lands along the coastline into built-up areas, especially in the central section of the coastline where population and industrial activity are concentrated.

Roughly 70% of the population lives within 15 kilometres of the Mediterranean coastline. This narrow coastal strip is the focus of the country's economic and commercial activity, and the main transportation arteries run very close to the coastline for much of its length, particularly from Tel Aviv northwards. Haifa Bay offers protected water for an international port, and is the primary center of heavy industry including oil refining and a power plant. Tel Aviv, with an expanding metropolitan area, is the major commercial centre and the focus of the country's transportation networks. Ashdod, further south, competes with Haifa Port for international shipping and handles container shipments, citrus exports, phosphates from the Dead Sea and other bulk cargo. The second oil refinery is located at Ashdod, and the city is the second major centre of heavy industry along the coast. The coastal strip also contains the most fertile agricultural land of Israel, especially for citrus production.

Currently, there is severe conflict between the expansion of urban settlements along the coastline and the protection of open space and natural grounds.

PROTECTION OF COASTAL RESOURCES

In a country with high density urban development and scarce land resources, the coast and seashore serve a vital role as open spaces. However, growing urban and development pressures have led to encroachment on and loss of scenic landscapes, nature and agricultural land. Today, coastal agricultural lands serve to break up stretches of built areas and prevent the formation of a megalopolis throughout the coastal plain.

Out of the 188-kilometer shoreline, 50 kilometres are used for national infrastructures and defence uses and are closed to the public. The remaining coastline has been designated as follows: 59 kilometres as urban shores, 43 kilometres as nature reserves and national parks, and 36 kilometres for open space (free of all infrastructures and facilities).

Areas of particularly high natural value, such as river mouths and rocky shores, have been designated as coastal nature reserves while offshore rocky areas, rich in marine flora and fauna, and offshore rocks or sections of sandy shores important for sea turtles, have been proposed for marine reserves.

Along the Mediterranean, 14 marine reserves, 20 coastal reserves, 2 islet reserves, and two protected natural asset belts have been proposed or declared. Beaches of high value for recreation in natural surroundings and sites of archaeological interest for visitors have been designated as national parks. The coastal strip includes 14 parks and 10 river mouths.

NATIONAL OUTLINE PLAN FOR PROTECTING THE COASTAL CLIFFS ALONG THE ISRAELI MEDITERRANEAN COAST

For the purpose of dealing with the issue of the cliff's collapse, a policy document was prepared, the recommendations of which were adopted by the government, which has instructed to plan and erect marine protections and prepare a national outline plan for the protection of the coastal cliff – NOP 13, change no. 9.



In light of the urgency in providing a solution for the risks inherent to areas in urban regions, NOP 13/9/A was promoted at the first stage. It includes details planning regulation for the protection of the cliff parts which were defined at a high urgency level – 28 zoning areas in the area between Givat Olga and Ashqelon.

The report also specifies type of solution per area and general policies for preventing from erosion these zoning areas. The Ha'Tzuk beach refers to area 25 and 26 of this national plan.

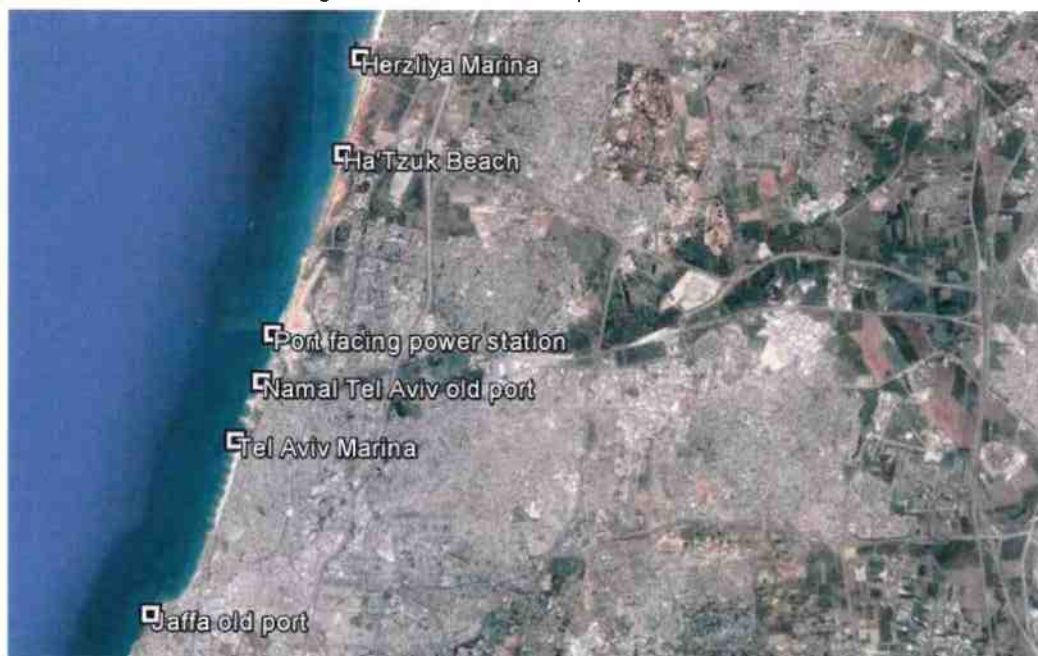
2.2 TEL AVIV AREA AND HA'TZUK BEACH INFRASTRUCTURES AND USES

2.2.1 Tel Aviv - Yafo area, ports and marinas

Tel Aviv is one of the most vibrant cities in the world. Titled the 'Mediterranean Capital of Cool' by the New York Times, this is a 24 hour city with a unique pulse, combining sandy Mediterranean beaches with a world-class nightlife, a buzzing cultural scene, incredible food, UNESCO recognized architecture, and an international outlook.

The area of Tel Aviv includes five ports or marinas, from north to south: Herzliya Marina (Herzliya municipality), port facing the Reading Power Station, Tel Aviv old port (Namal Tel Aviv), Tel Aviv Marina and Jaffa port.

Figure 8 : Tel Aviv - Yafo ports and marina



Source : Google Earth, 2017

HERZLIYA MARINA

Opened in 1995, Herzliya Marina is a high quality marina with approximately 680 berths for yachts up to 60 m in length.

Located in Herzliya, 17km north of Tel Aviv, the marina has high quality facilities and services available to incoming vessels, including 24 hour security and electronic access control to the docks, individual electricity for each slip, fresh water, a fuelling station (diesel and gas), haul-out and wintering services, repair services and marine equipment.

Figure 9 : Herzliya Marina



Source : Superyachts.com

Herzliya Marina is well situated on the coast for visitors looking to explore some of Israel's most popular attractions and places of interest, including Tel Aviv, Haifa, Jaffa, Ashkelon and Netanya, as well as the holy city of Jerusalem, which is positioned 85 km inland.

TEL AVIV OLD PORT (NAMAL TEL AVIV)

Tel Aviv port was founded in 1936 by Otzar Mif'alei Yam as the first new port in Israel. It grew into the biggest in the land, as it was very important in the establishment of the State of Israel and for subsequent mass-migrations from around the world.

However, this flourishing situation did not continue, as containerized shipping became the standard way of transporting goods bigger ports were built elsewhere, and Namal Tel Aviv port became derelict.

The port has recently been restored and is now an area of culture, entertainment and leisure activities. A wooden deck covers 14,000 m² and acts as a large promenade running along the seafront. This unique area becomes crowded on weekends, with families venturing out for great food, and in the evenings, with the numerous bars and clubs.

Figure 10 : Tel Aviv old port



Source : <http://www.itraveltelaviv.com>

TEL AVIV MARINA

The Tel Aviv Marina, located between the Gordon and Hilton Beaches on the Tel Aviv promenade, offers a variety of services for those interested in water sports and activities: surfing, sailing, speedboats, diving ...

Yacht and boat rental companies, an Israeli coastguard station, a customs' entry port and an anchor port for privately owned boats are also based within the Tel Aviv Marina.

Figure 11 : Tel Aviv Marina



Source : www.telaviv-marina.com

Many luxury hotels are situated in front of the Marina, as well as numerous bars, restaurants or shops.



JAFFA OLD PORT

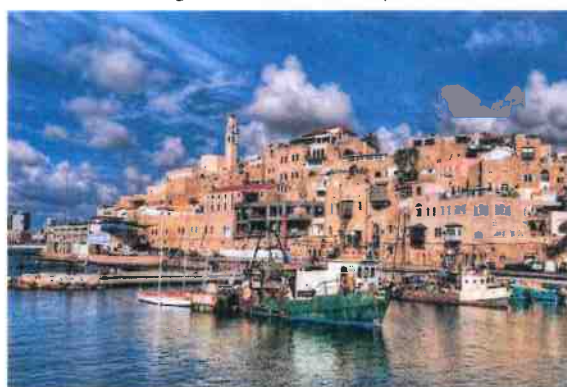
Jaffa port was the ancient port of the city of Jaffa, known as one of the oldest port of Israel. It served as the main entry point to the country until the late 19th century when Jews from around the world returned to Israel.

Its long history as the strategic port in the Eastern Mediterranean continued until recently when new ports were built south of Tel Aviv in Ashdod and north in Haifa, to cater for modern-day shipping methods.

As Tel Aviv developed, Jaffa decayed. By the 1940's, Tel Aviv was so much larger than Jaffa that it was made into a neighbourhood of Tel Aviv to create the official city of Tel Aviv-Yafo. The decay continued until the municipality created a Development Organization to oversee the restoration of Jaffa, which continues today.

In recent years, Old Jaffa port has been developed as a cultural attraction, whilst retaining its operations as a working port for local fishermen who continue the century's old tradition of the area.

Figure 12 : Jaffa old port



Source : <http://www.israeltripplanner.com>

2.2.2 Uses in Ha'Tzuk Beach

Ha'Tzuk Beach, known also as Cliff Beach, is the most northern beach of Tel Aviv, bordering Herzliya' s beaches and marina.

This area is characterized by intensive development all along the area. The site has no trace of the natural cliff, which was destroyed during and after the erection of the Mandarin Hotel in the 1970s by Gideon Ben-Zvi and Musa Daniel. The coastal strip is narrow, between 8-30 meters.

There are many descents to the coast, some accessible and some by stairs. Above the rockery there is an upper promenade all along the segment. The promenade connects to the Sea and Sun promenade from the south, and ends on the north in a natural cliff. Beyond the promenade towards the east there is a half-dry lawn, various service structures, protected slope and a fence.

Figure 13 : view towards the north - main entrance to Ha'Tzuk Beach



Source : Coastal Agency, 2016

There are two entrances to the beach: the northern entrance is adjacent to a local hotel entrance and the southern entrance is alongside the Sea and Sun residential complex. There is an entrance fee during summer season (April to October) of about 6 -15 Shekels per person, but the two parking lots provide free visitor parking. There is a structure serving as a café on the beach. Opposite the Mandarin Hotel there is the main entrance to Ha'Tzuk Beach.

Ha'Tzuk is known for being one of the city's quietest and cleanest beaches. It features public bathrooms, volleyball nets, exercise facilities, wooden gazebos for shade, a children's playground, lifeguard station, grassy patches, umbrellas and lounge chairs. Ha'Tzuk Beach also features sections of the water specifically designated for surfing, windsurfing and kayaking. Ha'Tzuk beach is known as one of surfing spots and there is a recognized surf school practising on the beach

It is a favoured spot for families, water sport enthusiasts and local teens coming from Ramat Aviv. It is also home to occasional evening concerts and summer time events organized by the city of Tel Aviv.

There are three beachside café restaurants at Ha'Tzuk:

- ▶ Ha'Tzuk Beach restaurant,
- ▶ Banana Beach Cliff Beach,
- ▶ Banana Beach Tzuk Darom.

Figure 14 : Ha'Tzuk Beach



Source : Coastal Agency (2016), BRLi (2017)

In the south of Ha'Tzuk beach after Sea and Sun area, where the beach rocks develop far from the bathing activities, there is intense activity of amateur fishermen using rods, nets and harpoons.

In short:

Ha'Tzuk beach has been artificialized by human activity and transformation of the cliffs. **The** site has poor trace of the natural cliff, which was destroyed during and after the erection of the Mandarin Hotel in the 1970s.

The coastal strip is narrow, between 8-30 meters.

Drainage outflows are installed within the rockeries and at various points of the beach. They are only providing little streams during rain falls. Ha Yarkon outlet is far from this shore.

Ha'Tzuk is known for being one of the Tel Aviv area quietest and cleanest beaches. It features various infrastructures for leisure, sports and restauration (pubs and restaurants).

It is also known as one of Israeli surf spots and a surfing school is established on the beach. The southern part of the beach is frequently used by sport fishermen from the shore (lines, speer guns,...).

No information is reported regarding the number of tourists and seasonality even though the beach is full in summer and at Israeli holidays.

2.3 ENVIRONMENT SITUATION AND SENSITIVITY OF HA'TZUK BEACH

2.3.1 Terrestrial scenery, ecological and archaeological sensitivity

SCENERY, APPEARANCE AND MAIN COASTAL INFRASTRUCTURES

Figure 15 : Ha'Tzuk Beach - scheme of existing protections



According to the study "Analysis of Zoning Areas no. 25"1 corresponding to Ha'Tzuk Beach, the site has no trace of the natural cliff, which was destroyed during and after the erection of the Mandarin Hotel in the 1970s by Gideon Ben-Zvi and Musa Daniel. The coastal strip is narrow, between 8-30 meters.

A rockery was erected along the coast at a height of 2-3 meters from local beach rocks taken from the coast, while damaging the ecological and scenic resource of the rocks. Above the rockery there is a protected slope with cultivated plants resistant to front line conditions that was also artificially established.

Figure 16 : Ha'Tzuk Beach -use of the rockery, protected slopes and walls to overcome topographic differences.



Source: Coastal Agency, 2016

¹ As part of the NOP 13/9/1 – Partial National Outline Plan for the Protection of Coastal Cliffs along the Mediterranean (Coastal Agency, 2016)



Ha'Tzuk Beach area is developed and no natural cliff remains. Beach rocks protection or other rockery used traditional concrete with no specific landscape integration efforts. The promenade itself is not considered to have high scenic qualities according to this report.

Figure 17 : Ha'Tzuk Beach rockery, developed promenade and stairs



Source: Coastal Agency, 2016

The drainage at this area is regulated by infrastructure that drains the runoff. It seems that there is no damage to the stability of the slope as a result of upper runoff – see image 2.1.4-1.

Figure 18 : regulated slope stabilized by plantation above the promenade and rain runoff outlet of Ha'Tzuk Beach



Source: Coastal Agency, 2016

TERRESTRIAL ECOLOGY AND SENSITIVITY

As mentioned before, the area is made of alternating layers of kurkar and red-brown sandy loam. The section is a direct continuation of the section appearing in Herzliya. The width of the coasts at this section at the time of the tour was about 20 meters.

Most of the northern coast where these segments were defined, is arranged with rockeries and supporting walls at a height of up to 10 meters, but on the northern part of the beach the “top limestone” (Dor limestone) section is partly exposed with upper runoff from these slopes into the beach.

Figure 19 : stratigraphy of the coastal cliff and illustration of the cliffs in Ha'Tzuk Beach.



Source: Coastal Agency, 2016

The land areas are mostly constructed, paved or artificially reinforced (protection) in an intense manner. As a consequence very few evidence of sensitive habitats and species can be seen as pointed out by a survey developed in 2016. It allows to define **the artificially reorganized areas with a level medium of sensitivity/value** due to the existence of “red” species and gardening use of many local species.

- ▶ The human introduction as plantations of local species like sea daffodil, sea lavender (protected species) and silvery birds' foot trefoil, as well as invasive species such as evening primrose and ice plant. The parasite wild plant broomrape is very common
- ▶ At the eastern edges there are a few items of the annual grain *parapholis marginata* runemark which contains the bush *crucianella* maritima which are considered sensitive species (endangered species, “red” according to the Tel-Aviv municipality, 2014).

However, “In accordance with the instructions of the Mediterranean Coastal Cliffs Preservation Government Company (ecological, marine and land report – presenting a map of ecological sensitivities), constructed/developed areas, including paved roads and the nape of regulated bathing beaches, are of a very low value/sensitivity”².

The coastal cliff to the north of the zoning area is of high ecological value/sensitivity. The cliff and its close environment is rich with many unique species of coastal plants, including ice plant (rare species), *polygonum palaestinum* (endemic species), sea couch-grass, sea rocket, one-sided bindweed (endemic species), yellow distaff-thistle, Tournefort's mustard, silvery birds' foot trefoil, *artemisia monosperma*, Jaffa groundsel (endemic species), hispid viper's-bugloss, *polycarpon succulentum*, and of course, the protected species sea daffodil and sea-lavender

Figure 20 : East artificial upper terrestrial environment (left) and north (right) natural cliff of north of Ha'Tzuk Beach



Source: Coastal Agency, 2016

In the sandy strip above the coastline nearly no burrows or activity signs of the indicator species *ocypode cursor* crab³ were found except one among artificial rocky supporting infrastructure.

There were no reports of sea turtle laying in the coasts of this zoning area.

Southward of the beach (area 26 of the Cliff agency study, 2016), is called Sea and Sun, is about 350 meters and it is located between the area known as “north-western Tel-Aviv” and Ha'Tzuk Beach. South of the hotel and the shore protection infrastructures (outside the boundary of the project), there is an open breached area. This open area is the continuation of the coastal cliff belt continuing south until Tel-Baruch North. The coastal cliff is preserved (relatively) and rich in unique and important nature and scenery value (the Tel-Aviv municipality, 2014).

² Source : Cliff Agency, 2016 study of section 25- Ha'Tsuk Beach.

³ Protected species under Barcelona convention (Endanger specie)

Figure 21 : Beach rocks south of Ha'Tzuk Beach until Tel Baruch



Source: Coastal Agency, 2016

The ecological value/sensitivity of the open area southwards after is high due to the existence of unique and protected species, and its being part of the continuation of the coastal cliff which has very high value/sensitivity, and continues southward.

2.3.2 Marine ecology and sensitivity

An ecological survey was conducted at the coasts of northern Tel-Aviv for the purpose of characterizing the fauna in the sandy habitat. Samples were taken:

- ▶ With standard protocol: The samples were taken by a box-corer at an area of 176 square cm and at a depth of about 10 cm, filtered by a sifter of 500 μ , preserved in alcohol 70% and defined at the laboratory
- ▶ In three sites: the Tel Baruch beach, Ha'Tzuk Beach, and Ha'Tzuk Beach North (south of the separate beach) (diagram 2.1.5-1).
- ▶ The location of the samples was determined in coordination with the ecological consultant of the Mediterranean Coastal Cliffs Preservation Government Company.
- ▶ In each site, samples were taken on one point in a site which characterizes :
 - the tidal area (at the waterline during the sampling): crabs *Talitrus saltator*, *Talitridae*, *Amphopoda* and the isopod *Cirolanidae*, *Isopoda Eurydice* sp.
 - at the sub-tidal area, at a depth of about 1 meter: crabs *Pontoporeiidae*, *Amphipoda Bathyporeia guilliamsoniana*, the snail *Nassarius gibbosulus*, *Nassariidae*, and a section of an unidentified *Polychaete* worm
 - In addition, samples were taken at Ha'TzukHa'tzuk Beach on 03/05/2016 in two sites at a depth of 2 meters and north and south (sandy beds): *Amphipoda* and *Harpacticoida*, as well as hermit crab, *Diogenes pugilator*. *Polychaete* worms were also found of the families *Spionidae* and *Nephtyidae*, the snail *Nassarius gibbosulus*, and the bivalve mollusc *Donax venustum*, *Donacidae*.

Figure 22 : Sandy beach (south of Ha'Tzuk)



Figure 23 : Beach Rocks south of the Ha'Tzuk Beach:



Figure 24 : 2-3 m depth rocky 2.5 m, flat stones and rocks covered and exposed alternately by the sediments



Source: Coastal Agency, 2016

Figure 25 : south of Ha'Tzuk beach (area 26), beach rocks area and examples of erode shallow water rocks and colonized beach rocks



Source: Coastal Agency, 2016

The study conclusion is presented in the table below.

Table 1 : Sensitivity of marine habitats in the Ha'Tzuk beach close marine area

Habitats	Comments	Sensitivity (according to Cliff Agency study, 2016)
Sandy beach	The sandy beach in each zoning area examined is very breached, both in the tidal area and at a depth of 1 meter. Tests performed on the tidal belt and at a depth of 1 meters showed that the fauna inside the bed is relatively poor – compared with open, non-breached sandy beaches. It seems that the main reason for the diminution of animals in the bed is the intense human activity on the beach and in the shallow waters. The tidal and sub-tidal belts in a sandy bed within the zoning areas, is classified as having low ecological value/sensitivity.	Low ecological value/sensitivity.
Sandy substrate at 2-3 m	“marine habitats at a depth of 2-3 meters and more probably similar to other coasts in Israel	Low to medium ecological value/sensitivity”.

Habitats	Comments	Sensitivity (according to Cliff Agency study, 2016)
Beach rocks	<p>Beach rocks identified at the south of the Ha'Tzuk beach, are exposed to seasonal environmental influences and radical changes in living conditions (Rilov and Guy-Haim, 2013). They are sometimes buried under a layer of sediment which erodes and suffocates the fauna on the rocks. In other seasons, during ebb times, extensive parts of the rocks are exposed to air and drastic changes in temperature and salinity, and many of the organisms on the rocks do not survive.</p> <p>It seems that the beach rocks on and around Ha'Tzuk Beach, are even more exposed to the influences of sediments that on other coasts. On the east-South part, some elevated beach rocks are most of the year out of the water. This belt is mostly populated with a coating of blue-green algae, which paint the rocks black and in some seasons with green algae of the genus <i>Ulva spp.</i> and <i>Enteromorpha spp.</i> and some <i>Gracilaria sp</i> in spring or <i>Nemalion helminthoides</i>. The green algae grow quickly but are sensitive to dehydration. Therefore, they mostly characterize short-term habitats.</p> <p>Poor evidence of snails or molluscs are showed in the north area while in the south of the beach (zone 26), the population of the beach rocks below 40 cm depth may be rich and diverse especially, but it is usually less diverse than that of the abrasion tables (Rilov and Guy-Haim, 2013). The beach rocks at the sub-tidal area above 40 cm are affected by the motion of the sand moved by the waved. Among others, the common species on the rocks are <i>Actinia equine</i> and <i>Bunadactis gammacea</i> and the crab <i>Eriphia verrucosa</i> and some small fishes.</p>	<p>Medium ecological value/sensitivity in the north of Ha'Tsuk (section 25)</p> <p>High ecological value in the south (section 26) due to the continuity with the southern ecosystems and despite the extreme changes they are exposed to (and perhaps because of them).</p>

Outside the relevant area of the study at sea, westwards at depth of 6 m and more, some rocks are not exposed to the sediment activities, and are covered in a rich coating of organisms: sponges, Hydrozoan, Bryozoan, Ascidiacea and many others

In terms of fishes, a survey was done in march-May 2016. The prominent fish between the beach rocks in the shallow waters were: *Dicentrarchus punctatus*, *Siganus rivulatus*, *Siganus luridus*, *Silago sihama*, *Diplodus cervinus*, *Diplodus sargus*, *Lithognathus marmyrus*, as well as *Blenniidae* and *Mugilidae*. No protected species were encountered and the sensitivity is considered low.



Figure 26 : Maps of sensitive coastal and marine areas in Ha'Tzuk beach (south: zone 26) and north (zone 25)



Source: Coastal Agency, 2016

The mapping of the habitats shows a general sandy beach with three sensitive areas corresponding to the two coastal beach rock habitats (south and north) and one shallow water area farther west in the sea under 2-3 m depth.

2.3.3 Archeological sensitivness of the area

The area of Ha'Tzuk beach is located between two areas of interest for underwater and coastal archeology as stated by the Israel Antiquities Authority in 2014:

- ▶ At the north: at the end of the promenade reaching the beach starts the northern part of zoning area 25 declared underwater antiquities 26763/0 "Tel Michal south". According to the Israel Antiquities Authority, the site contains quarries, quarried facilities, the remains of vessels and loads from the Persian, Hellenistic and Byzantine periods.
- ▶ At the south starting from the sea and sun beach bellow the hotel area, start the "Tel el Rekket north area". Most of zoning area 26 is located in declared antiquities site 947/0 "Tel El-Rekket north", which includes remains from the early Bronze Age.

In case of works the Israel Antiquities Authority shall be informed.

Figure 27 : Antiquities zoning areas of interest as defined by the Israel Antiquities Authority in Ha'Tzuk beach



Source: Israel Antiquities Authority, 2014

In short:

The environment in Ha'Tzuk beach has been artificialized by human activity and by transformation of the cliffs into a parking and promenade or hotel infrastructure. The main conclusions of field studies developed under the supervision of the Israel Cliff Agency conclude in 2016 that:

- ▶ The promenade is not highly aesthetic and is not of high value,
- ▶ The terrestrial area of the upper cliffs, modified since the seventies, produced new landscape, rockery and infrastructures partly established through excavation of the beach rocks of the site. North of these infrastructure remains a small portion of natural cliff of interest to preserve. The bathing activity bellow this cliff, keeps the sensitivity of the area medium to low since poor flora and fauna is observed on the beach. On the contrary, from the southern part of the Ha'Tzuk beach to Tel Baruch, natural cliffs and natural habitats remain both on the upper cliffs and on beach rocks, explaining the definition of high sensitivity for this area.
- ▶ The marine part of Ha'tsuk beach has been also affected by excavation of beach rocks and human bathing leading to the following classification:
 - for beach rocks:
 - the north of the beach is defined as of medium environmental sensitivity/value,
 - the south part of the beach and its beach rocks are considered of high sensitivity/value partly due to their continuity and their biological colonisation
 - for sandy area around 2 m depth, the sandy erosion of the rocks limit the colonisation and the north beach is considered to have a medium level regarding environmental sensitivity
 - For sandy area at the shore or at 1 m depth, the sensitivity is estimated low due to poor biodiversity of Flora/fauna and endangered species.
 - Outside our zone of interest, at depth of 6 m, some rocky areas could be found and are well colonized. They are considered of interest in terms of ecological value.
 - 3 small zones are considered of environmental sensitiveness within the boundaries of the study and this sandy area: 2 at the shore made of beach rocks (one area in the north, one area in the south) and 1 area of bank/spur in the marine south area around 2 m depth.

- The beach presents at its north and south locations some sensitive archaeological areas according to Israel Antiquities Authority

3. PART 3: CHARACTERIZATION OF THE SITE AND CONTEXTUALIZATION OF THE STUDY

In this section, we present in a very general way the fundamental features of the studied site that may have some relationships with the objectives of the project. We consider the Ha'Tzuk beach system with respect to several general littoral classifications. From this contextualizing, we can assess central qualitative informations on the hydro- morphodynamic behaviour of Ha'Tzuk beach, and we can define the most important processes to consider in the next steps. In this part, there is no significant quantification of beach processes nor detailed analysis of coastal architectures; this will be done in the next section.

3.1 HA'TZUK – BANANA CLIFF SEDIMENTARY CELL

The Ha'Tzuk beach is a small (1 – 2 km long) microtidal and wave-dominated sandy system extending within the linear Israeli coastal tract whose mean shoreline orientation ranges between azimuths SSW—NNE and S—N. As it will be pointed out, in the whole region, the main deep water wave forcings are from SW to NW, which means that the hydro-morphodynamics of such a beach system may follow a South—North organization to the first order. The Figure 28 presents the Ha'Tzuk beach system and its surrounding areas.

Figure 28 : Ha'Tzuk beach and surrounding area key element of context.



The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). An isolated tombolo may alter sediment dynamics within this segment.

Source: Google-earth, F.Bouchette-BRLI, 2017



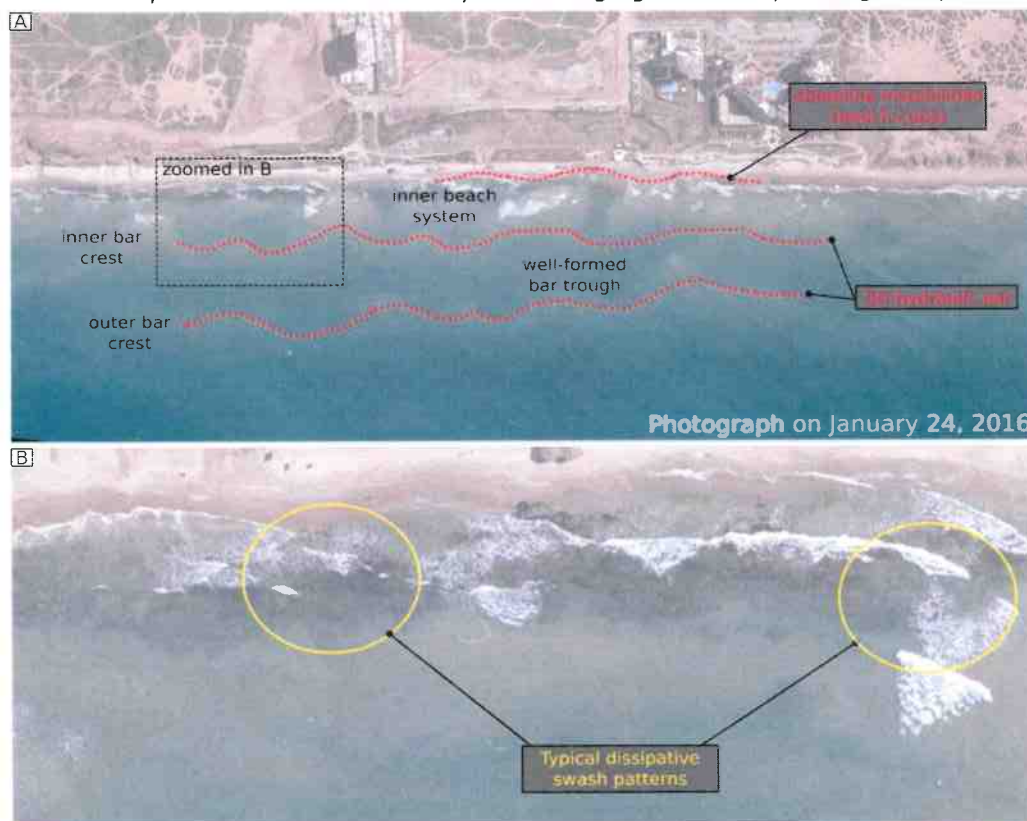
The quite regular Israeli shoreline is perturbed by various natural (small ante-Holocene rocky capes) and anthropic infrastructures. In the region of interest for this study, the main possible disruptions of the sedimentary dynamics are the harbor of Herzliya Marina (to the North with respect to Ha'Tzuk beach, extending less than 450 m seaward), the tombolo of Tel Baruch beach (to the South, extending less than 200 m seaward) and the harbor associated to the Reading Power Station (extending less than 400 m seaward). Other possible interferences of shoreface hydro-morphodynamics may result from the input of fresh water and sediments from rivers. In the area, Yarkon river has a mouth located right to the South of the Reading Power station disruption point. There are also several very subordinate outlets (rainfall drainage outlets) in between Herzliya Marine and Tel Baruch, whose effect would be negligible.

In this document, the littoral segment extending from the Herzliya Marina point to the Reading power station point (including possibly the effect of Yarkon) is termed Ha'Tzuk – Banana cliff littoral cell (approximately 5.7 km long). The zone of interest itself, where the geotubes have to be deployed will be termed Ha'Tzuk beach (1 to 1.5 km long). This must be considered as terms relative to this study, with no direct reference to any already existing cell partitioning of the Israeli coasts.

3.2 CLASSIFICATION OF HA'TZUK BEACH SYSTEM AND HA'TZUK – BANANA CLIFF LITTORAL CELL

The figure Figure 29 displays a small portion of Ha'Tzuk beach system and highlights some important geomorphic features, especially a double 3D bars sand system.

Figure 29 : Small portion of Ha'Tzuk beach system and highlights some important geomorphic features



(A) the nearshore zone in Ha'Tzuk beach. Two 3D hydraulic sand bars (with horns and troughs occur in front of the studied site. This means that this system is active and not totally ruined. Forth, this allows to determine its mean hydro-morphodynamic behaviour according to Short (1999) classifications; (B) a snapshot (same picture, zoomed) of the inner surf zone and swash. The swash patterns are typical of a dissipative / intermediate barred beach.

Source: Google-earth, F.Bouchette-BRLi, 2017

According to the classifications of Short (1999) (see also extracts from the literature in the Figure 30), the Ha'Tzuk beach is a typical dissipative (or intermediate) wave-dominated beach system. *First, this means that shoreline dynamics are largely controlled by the dynamics of the nearshore hydraulic bars. Second, this also strongly determine the possible hydro-morphodynamic behaviour of Ha'Tzuk beach. Whatever may be the problem in Ha'Tzuk (typically erosion, submersion,...), the dynamics of the barred system has a lead control in it.*

(A) Classification of Short & Aagaard (1993). This diagram illustrates the relationship between inner bar and outer bar states. The vertical axis represents the Outer Bar (LBT, RBB, TBR) and the horizontal axis represents Inner Bar Sediments (Fine to Coarse). A central box titled "MODAL NSW BEACH STATES" describes the process: "Shoreward migration and intensified rhythmic relief produced by incident waves and topographically induced cellular circulation." It notes that observed values are shown in black boxes (e.g., 0.1, 3, 13, 17, 3, 16, 37, 5, 1, 2, 2). A vertical arrow indicates the transition from "Outer bar inactive (36%)" to "Outer bar active (50%)".

(B) Extract from a classification of Short (1999). This section shows cross-sectional diagrams of beach profiles categorized as Dissipative, Intermediate, and Non-dissipative. Each category includes a plan view and a profile view showing various features like dunes, troughs, and bars. The diagrams illustrate how different sediment transport processes (longshore vs. cross-shore) dominate in each type.

Legend:

- LBT = longshore bar-trough
- RBB = rhythmic bar-trough
- TBR = transverse bar-trough
- LTT = low tide terrace
- $\Omega = H_b/Wst$ dimensionless fall velocity (Gourlay, 1968)

3.3 TYPICAL HYDRAULIC BAR DYNAMICS AT HA'TZUK

Ha'Tzuk beach being a wave-dominated micro-tidal double barred beach of dissipative/ intermediate energy, it is supposed to follow specific hydro-morphodynamic rules. They are summarized in the **Figure 31**. First, each bar may behave as follows to the long term (years):

- ▶ a bar nucleates nearby the shoreline during fair weather wave conditions. The mechanism at the origin of such a nucleation is quite complex and is the object of scientific debates. Anyway, the observation claims that fair weather waves bring material to the shore and favour the edification of inner sand bars ;
 - ▶ time after time, the bar grows and move seaward in a very slow motion (years) ;
 - ▶ the bar vanishes when it reaches the seaside edge of the nearshore system.
- There, the sediment re-mobilized from the bar is transported landward to feed a new hydraulic bar.

Theoretically, such a mid-/long-term dynamics do not require any input of sediment. The bar cycle stands for a couple of years (Lippman et al., 1993) or a decade (Kroon, 1994). The long term bar vanishing may not be related to strong wave energy (Winjberg, 1994); it is an auto-cyclic trend. The exact reasons why the bars show such patterns remain speculative and are challenging research topics; but for this project, we just need to consider the phenomenon.

In the same time, at a shorter time scale (higher frequency processes like storm events or a fair-weather season), another type of bar dynamics superimpose to the one described above. Indeed:

- ▶ when fair weather conditions stand for a while (a few days or weeks), the inner bar moves landward and may connect finally with the shoreline. When this occurs, the shoreline suddenly shifts seaward thanks to this new sediment input for the emerged beach. Such seaward shifts of the shoreline can reach 5-10 m in a couple of hours. This is the main mechanism to re-build the beach after storms or during summer season;
- ▶ below a first wave energy threshold, the inner bar moves at high frequency while the outer bar does not record any significant displacement. In such a case, one can say that only the inner beach system is activated. If this threshold is overpassed, the outer bar starts to move at higher frequency also. Under such conditions, one can say that the outer system activates. In both cases, the bar displacements are high frequency and do not correspond to the long-term auto- cyclic dynamics mentioned above;
- ▶ If a second threshold (stronger energetic conditions than in the previous case) is overpassed, the bars can be abraded ; in such a case, the morphologic features do not move as coherent sand bodies, but are partly destroyed ; the sediment is scattered along the shoreface profile. Sand bars arise again when moderate wave conditions occur again (following the long-term dynamic rules). This is a typical beach resilience mechanism;
- ▶ Obviously, there exist interactions between the inner and outer bars. Typically, the depth of the crest of the outer bar controls partly the dynamics of the inner bar. If the outer bar is high, the inner bar shows high frequency displacements like described above. If the depth of the outer bar crest lower (moving seaward of abraded by a storm), the inner bar can shift seaward significantly. Thus the state of the outer bar has a great influence on the stability of the inner system.

Figure 31 : The dynamics of nearshore sand bars in the context of a dissipative/ intermediate microtidal wave



The dynamics of nearshore sand bars in the context of a dissipative/ intermediate microtidal wave dominated beach like the Ha'Tzuk system. Those morphodynamic processes find their origin in quite complex nearshore hydrodynamic processes, especially: wave-driven transport to the shore, undertow, wave-wave interactions, nearshore infra-gravity waves, and nearshore edge waves. Those physical processes are by far too complex to be modeled together and no one would claim being able to describe the nearshore morphodynamics in a realistic manner thanks to a comprehensive description of such hydrodynamic forcings.

Source: F.Bouchette-BRLi, 2017

A last process to be pointed out for such an environment must be kept in mind for the following. If one combines short-term and long-term nearshore morphodynamics, the first order behavior of the system is controlled by a wave energy threshold – let us call it ET_{wave} . When the system is in an energetic state stronger than the threshold Th_{wave} , bars (i) are damaged, sand is re-mobilized in the water column every where along the profil, thus may be taken away by alongshore or seaward-oriented currents and (ii) bars tend to move seaward and thus let the shoreline more exposed to the wave attack. On the contrary, when the system is in an energetic state lower than the threshold ET_{wave} , bars migrate to the beach, may feed it and sand is much settled down into the sea bottom profile.

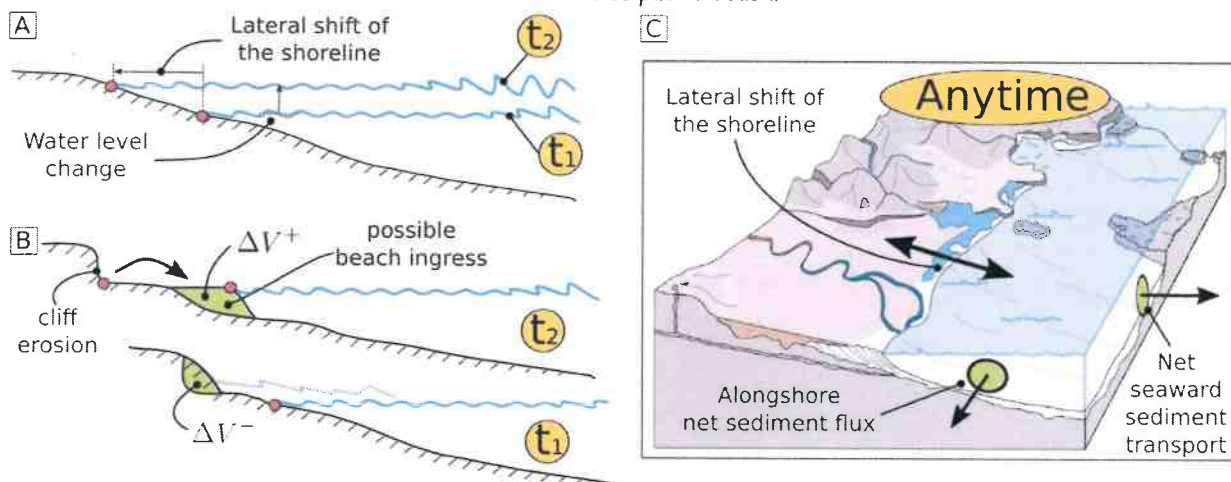


3.4 POSSIBLE SHORELINE SHIFTS ON A DISSIPATIVE OR INTERMEDIATE WAVE-DOMINATED BARRED SAND BEACH

In this section, we consider a naive but nevertheless tenable point of view: think about the shoreline like the non-evanescent curve that one would delineate in between land and sea, looking at the Earth from an aircraft far enough in the sky not to see the small details of land and sea interactions. In other words, we consider only the shoreline motions trends, not the high frequency processes. Such a mean shoreline is moving through time. There are three distinct types of mechanisms at the origin of such displacements:

- ▶ a beach is a mild slope oriented seaward; thus any fluctuation in the water level elevation shifts the location of the shoreline geometrically. There is no need to add or remove sediment to observe this phenomenon (Figure 32A). Typically, this occurs when the mean water level increases (e.g. because of worldwide ocean water elevation).
- ▶ during storms, significant quantities of shoreface sediment may move landward to a low back-barrier (typically a lagoon or a wet zone or a urban domain). Although this process is favored by sudden and short water level increases (over-topping, barrier over-washing), the mean water level before and after the event may be exactly the same. In this case, the sediment transfer does not correspond to a gain or loss of sediment for the beach: the sediment is just re-mobilized from the sea side of the barrier to the other side. But the final consequence is a net landward shift of the shoreline driven by this roll-over. In Ha'Tzuk beach, the Ha'Tzuk and Banana cliffs make impossible this process. Alternatively, a scour of the foot of the hill may occur due to wave attack driven by high water levels and an ingress of sediment from the substrate may get into the shoreface system conversely. If this input of sediment is significant, and if sediment size and density are compatible with the local energetic conditions, such input may be deposited nearby the shoreline and nourish the beach thanks to the fair-weather inner bar dynamics mentioned in the previous section; in the same time, the cliff foot is attacked and thus the highest point of the beach system may move landward (Figure 32B). This situation combines a typical erosional pattern with a shore retreat driven by the cliff erosion; in the same time, the emerged beach might be fed by the extra sediment production.
- ▶ in a littoral system of finite dimensions, all the other possible shoreline motions are related to net losses or ingresses of sediment: (i) sediment may be brought by a river input, (ii) longshore drift may result in a loss or gain of sediment for the system considered, (iii) some sediment fluxes oriented seaward beyond the closure water depth may occur during major storms which are a net loss for the beach system, (iv) sediment may be produced by bio-chemical processes locally (Figure 32C).

Figure 32: Possible shoreline displacements driven by distinct processes occurring on a wave-dominated microtidal dissipative beach.



- (A) geometrical shift of the shoreline driven by changes in water levels;
 (B) cross-shore sand loss or production thanks to berm/ cliff processes. At Ha'Tzuk, beach cliff retreat may be concerned first.
 (C) Classical volume alongshore volume balance and subsequent shoreline dynamics. This last mechanism usually makes the long term tendency.

4. PART 4: QUANTIFYING HYDRO-MORPHO DYNAMICS AND LITTORAL ARCHITECTURE OF HA'TZUK BEACH

During a first stay in Tel Aviv (late April 2017), BRLi has collected several datasets relative to hydro-morphodynamics of Ha'Tzuk beach and its sedimentary architecture. Concomitantly, we have collected data and informations from the existing literature on nearshore hydro-morphodynamics in Israel and in the Tel Aviv area. In this section, we briefly point out the pro and cons of each kind of data and their accuracy when relevant. From those datasets, we extract several important quantitative/ qualitative informations for the questioning of the project, having in mind the strategy built to protect Ha'Tzuk beach. For each type of data, we also suggest eventually additional field works and data collection to be got to improve local and general knowledge or specific datas needed for the project if we consider that the existing data is not sufficient to correctly enlighten the questionings.

4.1 PRESENTATION AND EXPLOITATION OF COLLECTED DATA

4.1.1 Wave statistics

Relatively long in-situ wave data series exist at Ashdod and Haifa wave buoys (since 1992 and 1994 respectively). The equipments are Datawell directional wave-rider buoys and are deployed in 24 m of water depth quite far from the zone of concern. The raw data from the buoys are not free. Hopefully, the report CAMERI (2013) provides general informations on wave statistics in deep water. In addition this document, together with the upstream works of Perlin & Kit (1999), proposes a methodology to transfer the deep water wave statistics at the buoys towards the area of Tel Aviv (and some other places not directly located nearby the buoys).

In the Figure 33, we extract from the report CAMERI (1999) basic deep water wave features nearby Tel Aviv. That those informations are a good first order approximation of the wave climate in front of Ha'Tzuk beach and more generally in front of Ha'Tzuk—banana cliff cell.

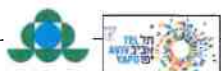
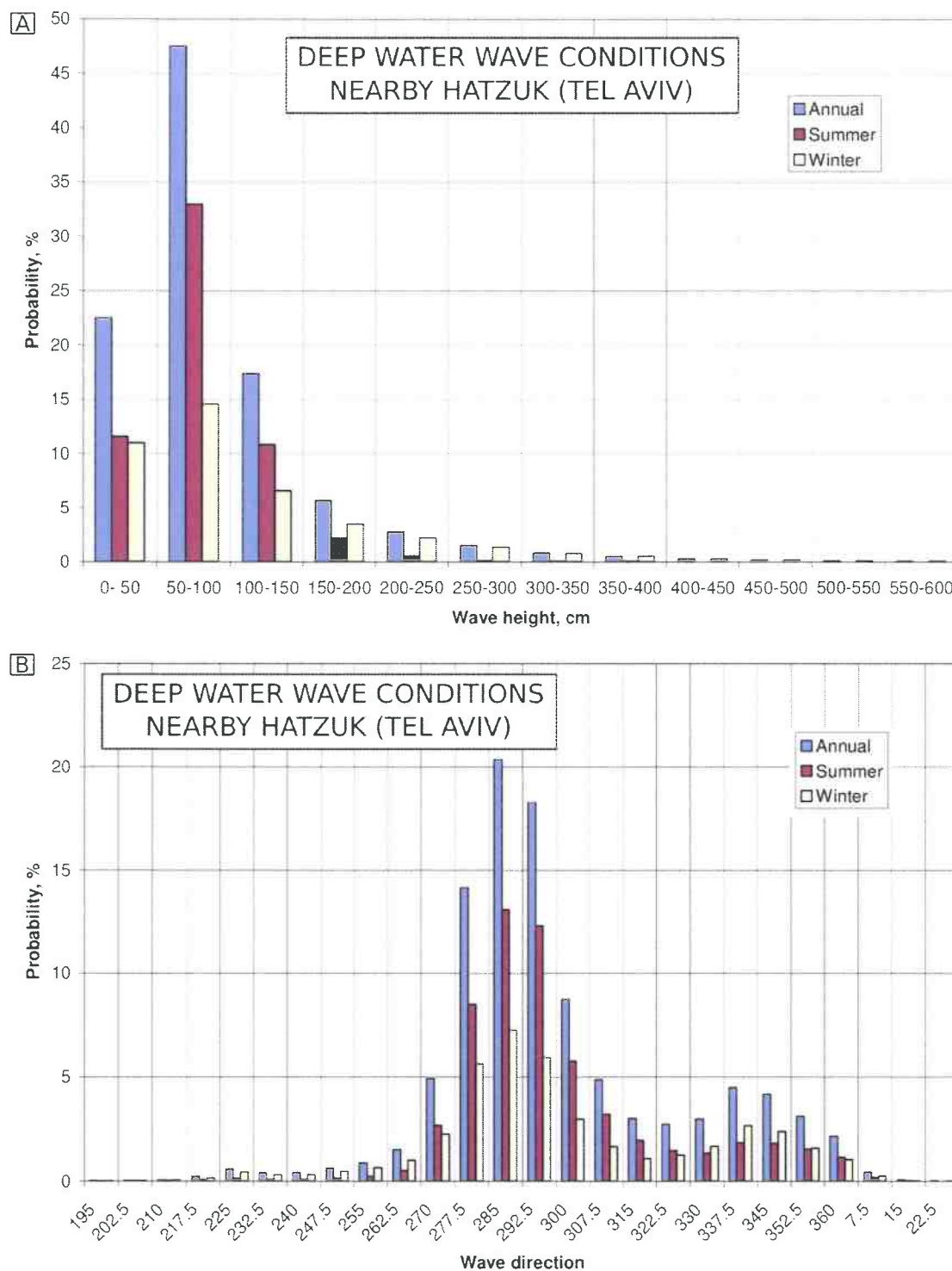


Figure 33 : Deep water wave conditions nearby Hatzuk



(A) Distribution of significant wave height H_{m0} in deep water conditions nearby Tel Aviv from data at Ashdod/ Haifa wave buoys (01/04/1999 – 31/03/2013). (B) same with wave direction. Seasonal variability of the wave climate are reported thanks to the different color bars. Both diagrams are modified from CAMERI (2013).

Source: BRLi, 2017 modified from Cameri, 2013

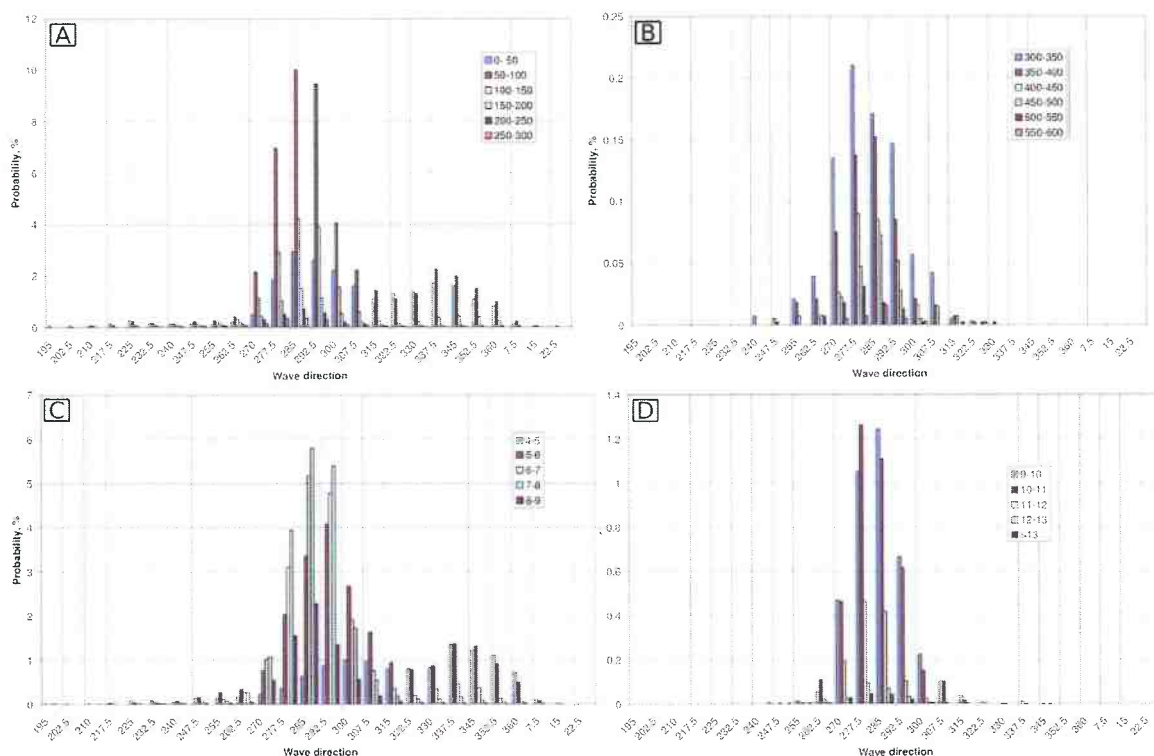
Additionally, major storms have been identified (thanks to the extraction of the highest time averaged wave heights). The five most significant storms are identified in CAMERI (2013) and reported in the following table:

Date	Hm0	Rank
20/02/2001	7.41 m	1
20/12/2002	6.93 m	3
29/01/2008	6.7 m	5
12/12/2010	6.71 m	4
09/01/2013	7.01 m	2

In the past 20 years, the five strongest events are typical winter storms at approximately 7 m of wave height (Hm0) so they range within the "High Average swell" (level 7) category according to WAO Sea State Code. We assume that Hm0 has been defined as four times the root square of the variance of the distribution of the water surface elevation in the CAMERI (2013) report.

From the other data (tables and diagrams) provided in CAMERI (2013), some details relative to the direction of various wave regimes (winter/ summer) may be inferred. For instance, the figure 9 shows how wave heights and periods distribute with respect to wave incidence.

Figure 34 : Distribution of wave heights and wave periods at Tel-Aviv area



(A) Distribution of moderate wave heights depending upon wave incidence; (B) same for more severe wave heights ; (C) Distribution of moderate wave periods depending upon wave incidence; (D) same for more severe wave periods. Data are provided for the Tel Aviv area and may be accurate enough to describe first order water waves at Ha'Tzuk beach. All diagrams concern deep water wave conditions and are modified from CAMERI (2013)

Source: BRLi (2016) modified from Cameri (2013)).



From the tables provided in CAMERI (2013), it is also possible to say that:

- ▶ there are two families of incident waves conditions in Ha'Tzuk: a type of waves W1 coming from azimuth 280-290° (say from West to West-North-West) and a type of waves W2 coming from azimuth 345-350° (say from North-North-West to North). Regarding the orientation of Ha'Tzuk beach which is facing Mediterranean sea with a 15-20° angle with respect to the North, the relative deep water wave angle of incidence is nearby zero for the first family and of the order of 15-45° for the second family ;
- ▶ high waves and long period waves occur almost exclusively for the type of waves W1 whose incoming wave peak is from 280-290°. This means that more energetic conditions are always coming from the same direction although fair weather conditions are more scattered ;
- ▶ Wave energy in deep water in front of Ha'Tzuk – Banana cliff cell suggests a typical Mediterranean regime, with more severe events (class 7 WAO) than many other places around the Mediterranean basin. This is mainly due to the fact that Israel is facing the Mediterranean Eastern Basin, with one of the longest fetch possible in the Mediterranean context.

Several papers in the literature show the same type of interpretation (typically Carmel et al, 1985 and following papers on the same subject) but do not provide data more precise than CAMERI (2013). In all the documents analyzed, no information regarding the accuracy of the wave data nor the wave statistics have been found. However, considering the same level of analysis in Ashdod/ Haifa buoy as the one performed for other Datowell buoys elsewhere (typically in the Gulf of Lions, France), it can be considered that the uncertainty on wave height is around 30 cm, that on wave period is around 2 s and that on the wave direction around 20°. To the first order, any inferred information from the Ashdod/ Haifa buoy wave statistics should be considered at least with the same wariness. The main consequence is that the incident deep water waves can be oriented either in the southern quadrant or the northern one; and this means that the wave-driven processes at the shoreline may be either oriented northward or southward as we see in the following section.

Last, we already mentioned a wave energy threshold ET_{wave} (expressed in term of deep water height) that would represent the conditions at which the full near shore system activates. This type of threshold has been determined in other beaches for the design of coastal defense structures (see e.g. Isèbe et al, 2007, 2008A, 2008B, 2014). Having in mind that the wave distribution in Ha'Tzuk is quite comparable with respect to that observed in Sète (with more frequent severe storms), the threshold would be in the range 1.5 / 2 m in wave height. This order of magnitude has been confirmed verbally by several scientists in Tel Aviv.

In short:

- ▶ Wave conditions in Ha'Tzuk beach seem to be quite simple, with two main wave regimes W1 and W2 that refer to two different sets of incident wave angles ;
- ▶ Waves under severe conditions are of type W1 mainly ;
- ▶ There may be a deep wave height threshold ET_{wave} at about 1.5 / 2 m
- ▶ **There is no additional need regarding wave data.** However ATARIM will provide additional RAW wave datasets. Those data will be used in PHASE B to calculate an accurate value of ET_{wave} . The analysis of CAMERI (2013) will remain the more precise information regarding the quantification of mean wave regimes.

4.1.2 Nearshore and regional circulation / transport

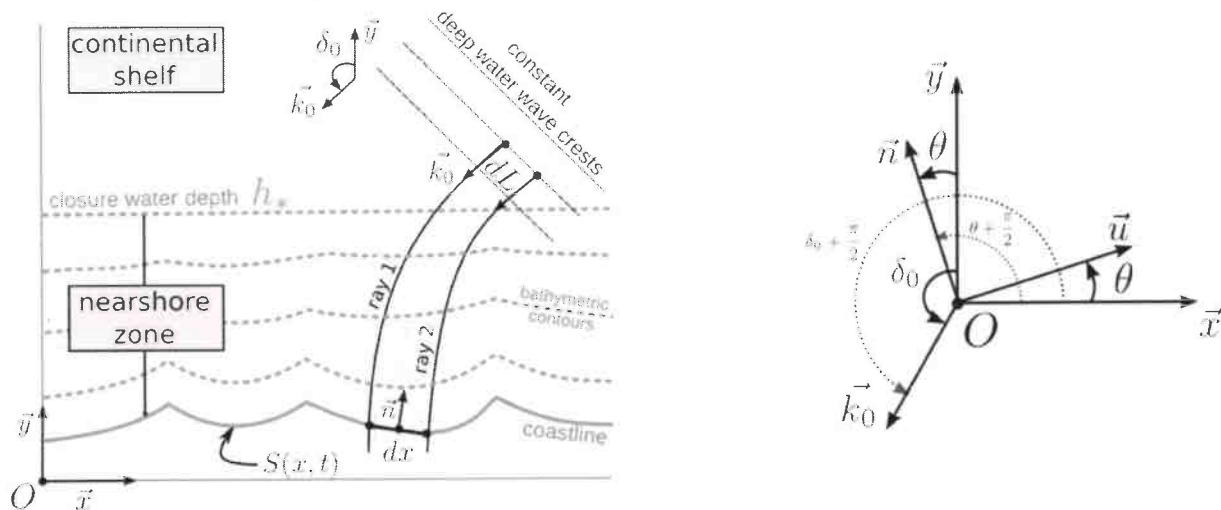
The analysis of bathymetric maps enabled to determine that the sand movement ends in facts in the Haifa Bay, which, since the construction of the port in the 1930s, has become a "sedimentation pit" of the sediments moving northward.

There exist a few datasets of in-situ measurements (ADCP, ...) relative to nearshore or shoreface currents (down to several tens of meters of water depth). However, data are not available easily. Even if they were, the circulation patterns in the nearshore are so complex especially when the system is a dissipative barred beach (Castelle et al., 2010) that an available existing dataset would be of interest only if it would have been acquired at the exact location of the future geotubes. And this is not the case.

The wave data described in the previous section, with respect to the orientation of the shoreline at Ha'Tzuk show that the relative angle may range from -20° (wave oriented northward with respect to the shoreline) to 45° (wave oriented southward with respect to the shoreline) with a dominant range of relative angle in $15-45^\circ$. We take a margin deliberately. This suggests that wave climates may drive an alongshore drift which would be oriented from the North to the South mostly. Such a transport would develop from the shoaling zone to the beach, with an apex in the breaking zone (where the hydraulic bars occur) where a significant part of the potential energy of the wave transform to kinetic energy. More specifically, a numerical work on Herzliya (CAMERI, 2015) points out that the drift is Northward for the dominant incident waves W1 described in CAMERI (2013) and Southwards for W2 wave conditions. It also indicates that the alongshore transport is maximal off 300-500 m with respect to the shoreline (under some limiting numerical hypothesis).

All the existing laws regarding alongshore transport of water (and thus sediment) are based on the fact that the energy transfer to the shoreline is a function of the difference in between the incident wave angle δ_0 and the angle θ of the shoreline with respect to a common reference (see e.g. Figure 35).

Figure 35: mechanics of along shore transport and wave angles



A shoreline S locally oriented with an angle δ_0 with respect to a reference and forced by waves with an angle of incidence θ in the same coordinate system. The transfer from the deep water to the shoreline of any physical parameter E (like the energy or a mass transport) controlled by the wave propagation is a function of $(\delta_0 - \theta)$. More precisely, the ratio of E that propagates to the beach is $\cos(\delta_0 - \theta)$, and the alongshore contribution of this ratio is $\sin(\delta_0 - \theta)$ which means that the ratio of E that would propagate along shore along the shoreline is $\cos(\delta_0 - \theta) \sin(\delta_0 - \theta)$. As a consequence, the maximal alongshore contribution to the shoreline is $\frac{1}{2}E$ for a quantity E defined in deep water ($\frac{1}{2}$ is the max of the product of a sine with a cosine). The minimal contribution is when wave relative angle is normal to the shore or parallel to the shore. The last result could be surprising. Actually, if E propagation is alongshore strictly, there is no way to accumulate E to the shoreline. So the transport is not efficient at all.



If one considers a given water mass transport M_0 in the deep water (or any physical parameters transported with waves or wave groups), the alongshore portion of the water mass transport that would concern the near shore beach would be $M_0 \cdot \cos(\delta_0 - \theta) \sin(\delta_0 - \theta)$.

This ratio of energy is maximal when the relative angle of incidence is of the order of 45° and minimal when the relative angle is zero or 90° (see explanation on Figure 35). For a given deep water wave energy in front of Ha'Tzuk, we may record the most significant alongshore drift with W2 conditions and a more limited one under W1 conditions.

A regional South to North alongshore drift occurs in the shoreface (Kit & Sladkevitch, unknown date; Klein et al., 2006). This regional drift develops at the scale of Israel. This general process is forced by the buoyancy, the wind field and the atmospheric pressure competing with each other. Carmel et al. (1985) suggests that such a drift is also controlled by the relative changes in the incoming wave and shoreline orientations that globally drives a South to North drift whatever may be the wave orientation. However, the possible incursions of such a regional circulation in the near shore is not well demonstrated by facts. Some scientists in Israel defend it orally from direct observations in the field (not quantified). Alternatively, Kit & Sladkevitch (unknown date) together with Kunista (2000) argue for no intrusion of the regional circulation in the nearshore zone.

The water mass transport in the nearshore involving sediment transport, we can infer such hydrodynamics thanks to their consequences in terms of long term lateral distribution of sand accumulation / erosion at the shoreline. According to this method, within the Tel Aviv area, there is a debate relative to the orientation of the sediment drifting. Some field evidences argue for a North to South sediment displacement at the shoreline (limited accumulation of sand downstream shoreline infrastructures, tiny asymmetry of sand salients or tombolos). But those evidences do not concern directly the Ha'Tzuk – Banana cliff cell; although they suggest quite complex local circulation patterns, they should not be considered for the Ha'Tzuk system where such evidences are very poor. However, it is poor to say that such a local beach circulation must exist as hydraulic bar develop within 300 m off the shoreline.

There exist onshore/ offshore currents in the nearshore (Klein et al, 2006) that could move sediment in water depth enough to initiate net seaward transports especially during storms. Such a process could be at the origin of net loss of sediment for the Ha'Tzuk beach. Forth, Almagor et al. 2000) describe the Israeli circulation patterns in the shoreface and suggest a typical mechanism: "Bottom friction plays an important role in shaping the circulation by creating a northward component of flow in the sea-bottom boundary layer, obliquely across the shelf, from shallow to deep water". Combined with severe wave conditions, this kind of process can drive a net seaward flow of sediment.

The Figure 36 tentatively summarizes the possible circulation patterns in Ha'Tzuk beach.

Figure 36: Possible circulation patterns in Ha'Tzuk beach



The existing literature (sometimes with contradictory contents) and the considerations exposed herein this report determine the possible (or not) circulation patterns in the shoreface and in the nearshore zone of Ha'Tzuk beach and Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell.

Source: Google-earth, F.Bouchette-BRLi, 2017



The general circulation is alternatively summarized in Almagor et al. (2000). "The nearshore longshore currents, the chief agents of sand transport, are the result of wind-generated waves that break at an angle to the shoreline, thereby causing a flow along a narrow nearshore zone. The currents reach a depth of 6 – 7 m, some 300 – 350 m offshore [...]. The direction and magnitude are mainly determined by the height, period, and direction of the waves [...]. Changes in angle between the impinging wave fronts and the broadly concave coastline of northern Sinai and Israel cause a gradual northward decline in the magnitude of the longshore currents along Israel's shore [...] Beyond Netanya, the angle of wave impingement on the shore generates a southward flowing current. The nodal points (where northward flow meets southward flow) migrate back and forth between Yafo and Netanya but may extend along the entire shoreline of Israel from Gaza to Haifa, depending on [possible marginal] wave front directions. The long-term net sand transport is, however, directed northward, because of the stronger longshore currents generated by the winter storms from the South-West".

In short:

- ▶ From a simple observation of the wave incident angle, the wave-driven alongshore water mass transport (2D current) in the near shore could be preferentially oriented southward under fair weather conditions and oriented in both direction under storms conditions. This information is defined excluding any other forcing but waves.
- ▶ To the regional scale, the shoreface drift is oriented northward. This drift concerns water depths greater than 7-10 m. There is no evidence to confirm or deny (too poorly documented) that such a drift may alter the near shore circulation patterns in less than 7-5 m of water depth ;
- ▶ Finally, there must exist some kind of alongshore drift within Ha'Tzuk beach, but all the informations available suggest that its time average value is low, and such an alongshore transport may not be a dramatic parameter in the design process of the coastal defense structures ;
- ▶ There may have some offshore departure of sediment after specific forcing conditions (shortly documented). As such a process may contribute to the long term erosion of the beach, it must be reported with caution ;
- ▶ A possible activity to improve general knowledge –but not necessary for the study– would be an in-situ field survey (ADPC, ADV, pressure head nets) of the near shore circulation, in 1-8 m of water depth along a cross-shore profile, for a one year long period ideally (to get the most of the possible forcing scenarios). Observing directly the near shore circulation in the region of interest would allow to discriminate the effect of the regional circulation superimposed to the local circulation patterns. This is not a requirement as this kind of field survey is expensive and would require a one year long delay.

4.1.3 Ebb, Flow Regime and Sea Level

The ebb and flow regime in the Mediterranean is bi-daily, namely two cycles in a day. The tidal area is 40 cm for "spring" tide and 15 cm for low tide. However, the sea level could be higher due to extreme meteorological conditions.

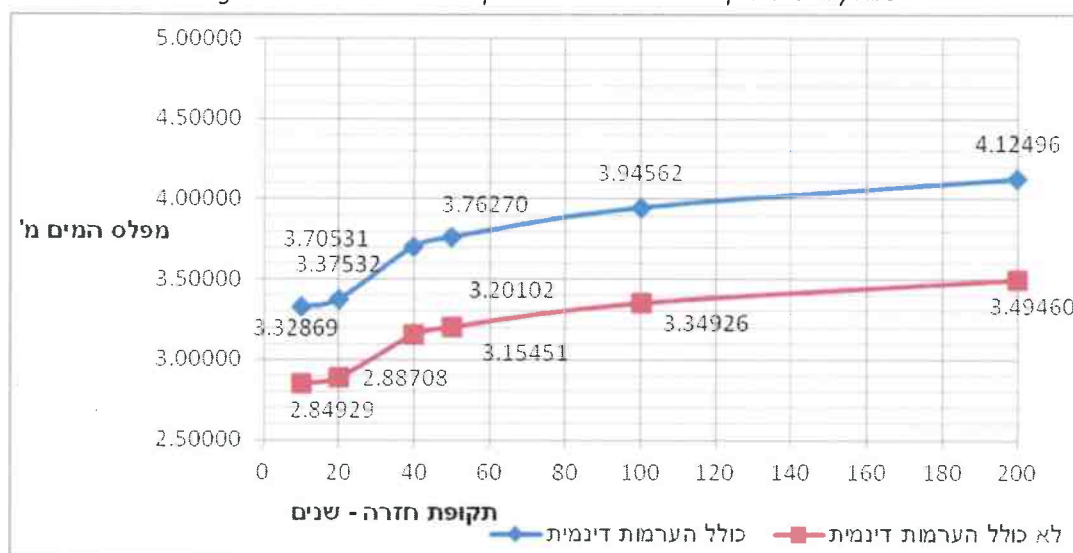
Table 2 : Table of average sea level ()

Average Return Period years	Low Sea Level, m		High Sea Level, m	
	Rosen, 1998 relative to the ILSD	Stiassnie, 1987 relative to the MSL	Rosen, 1998 relative to the ILSD	Stiassnie, 1987 relative to the MSL
1	-0.38	-0.41	+0.64	+0.60
50	-0.74	-0.79	+1.04	+1.00
100	-0.87	-0.90	+1.10	+1.06

Source : Coastal Agency report -2016

During wave storms, a considerable rate should be added to the tide level, due to wave set up. The following diagram presents sea level values for a combination of tides with return periods of 5 years (+0.80 meters) and wave set up, evaluation of sea levels due to tides, set-up and run-up during storms.

Figure 37 : sea level as dependent on the return periods in years



Source : Coastal Agency report -2016

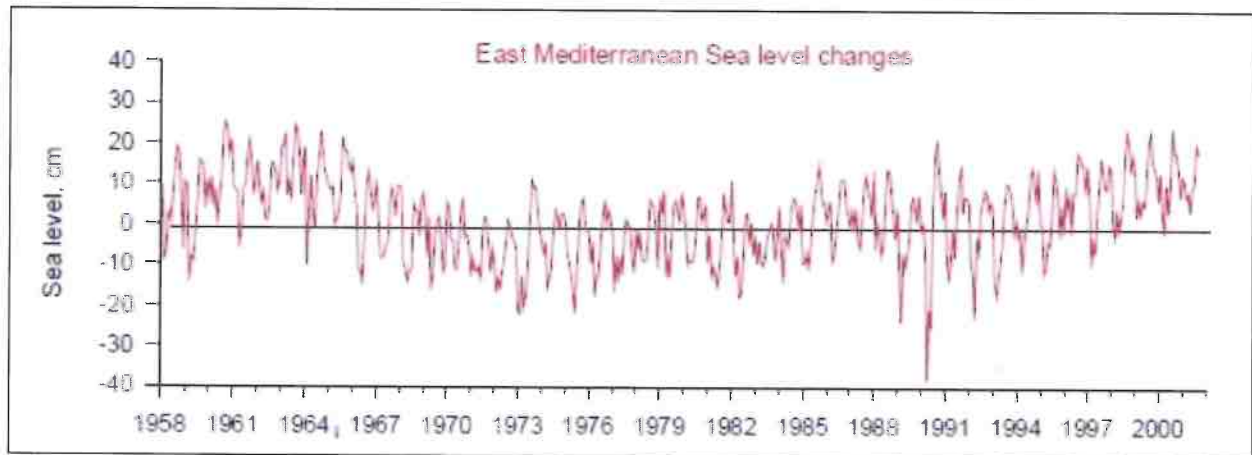
The curve data shows that events where the water level reaches a level of +3.0 meters (compared with the national balancing zero) are not rare, and therefore, the cliff base (starting at +2.0 meters) is exposed to a direct attack by waves.

The changing of the sea level opposite the Israeli coast is based on measurements conducted at various times. The changing of the sea level according to Sheerman and Meltzer (2002) is presented in Figure 38 hereinafter.

The data points to a trend of increase as of 1990, at a rate of about 1 cm a year. However, in previous decades, periods of a decrease in level were also recorded. Although it is acceptable to assume the sea level rises, its rate is unclear.



Figure 38 : changing of the sea-level according to Sheerman-Meltzer (2002)



4.1.4 Shoreline dynamics

The existing data relative to shoreline dynamics and the obvious field observations one can make on the current emerged beach are for sure at the origin of the project of beach protection.

Bathymetrically, the shallow depths are characterized by irregular depth lines, which create a coastal profile with great variance. A depth line of 3 meters is located at a uniform distance of 240 meters from the waterline, and a very moderate average slope is received, of 1:80; a depth line of 2 meters is found at a range of 55-180 meters and an average slope of 1:30 to 1:90 (see Figure 39).

HaTsuk Beach is a coast with a slightly bending waterline, with a general direction of azimuth of 17° and a length of about 700 meters. The coastline is sandy and narrow. Its width changes in an area of 10-25 meters depending on the seasons and the coast's response to significant winter storms.

Figure 39 : Example of Storm damages in Israeli mediterranean coast



Source: Coastal Agency, 2016

At the scale of Israel, the shoreline gradually moves seaward to the South and erodes to the North (respectively + 20 m and - 25 m from 1948 to 1989; Almagor et al., 2000) with an inflexion point located in the South of Ashdod. Where it occurs, the coastal erosion is clearly evidenced onland by the landward migration of the backshore kurkar cliff (see next section).

Plan view shoreline dynamics in Ha'Tzuk beach and Hatkuk – Banana cliff cell have been well studied already. The shoreline dynamics have been documented with sets of aerial photographs (since 1967 to 2017, including 1968, 1978, 1984, 1986, 1995, 1998, 2005, partly 2009, 2011, 2015, 2016 and very high resolutions photographs in 2015, 2016, 2017). Several synthesis have been made by Tel Aviv Authorities (we do not have the full document, just the relevant extracted maps, which is enough for our purpose).

Classically, as the field survey are not forcefully performed under the same instantaneous sea and water level conditions and does not inherit from the same storm successions (a succession of storms strongly controls the current short term shoreline position), it is difficult to decipher the high frequency shoreline displacements from the long-term trend (see section 2).

But any calculation of mean shore displacement (e.g. 5 years; from 2005 to 2009) between Herzliya and Baruch tombolo point out metric to pluri-metric retreat of the shoreline to the exception of the locations nearby anthropic infrastructures. This means that the shore retreat is a clear tendency since years, and is obviously confirmed in the recent years.

Like everywhere along any Mediterranean coastline, the damning of major rivers and the changes in meteo-marine forcings (e.g. frequency and intensity of winter storms) are invoked as aggravating factors of shore erosion.

The last storm observed and producing serious damages on the Ha'Tzuk Beach was in January 2015. The retreat of the waterline according to the image from May 2015 is significant and is probably a response to storms during January-March 2015 (return period of about 25 years).

Figure 40: Examples of shoreline position in Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell at different epochs (figures made after material provided by ATARIM/ Unknown copyright



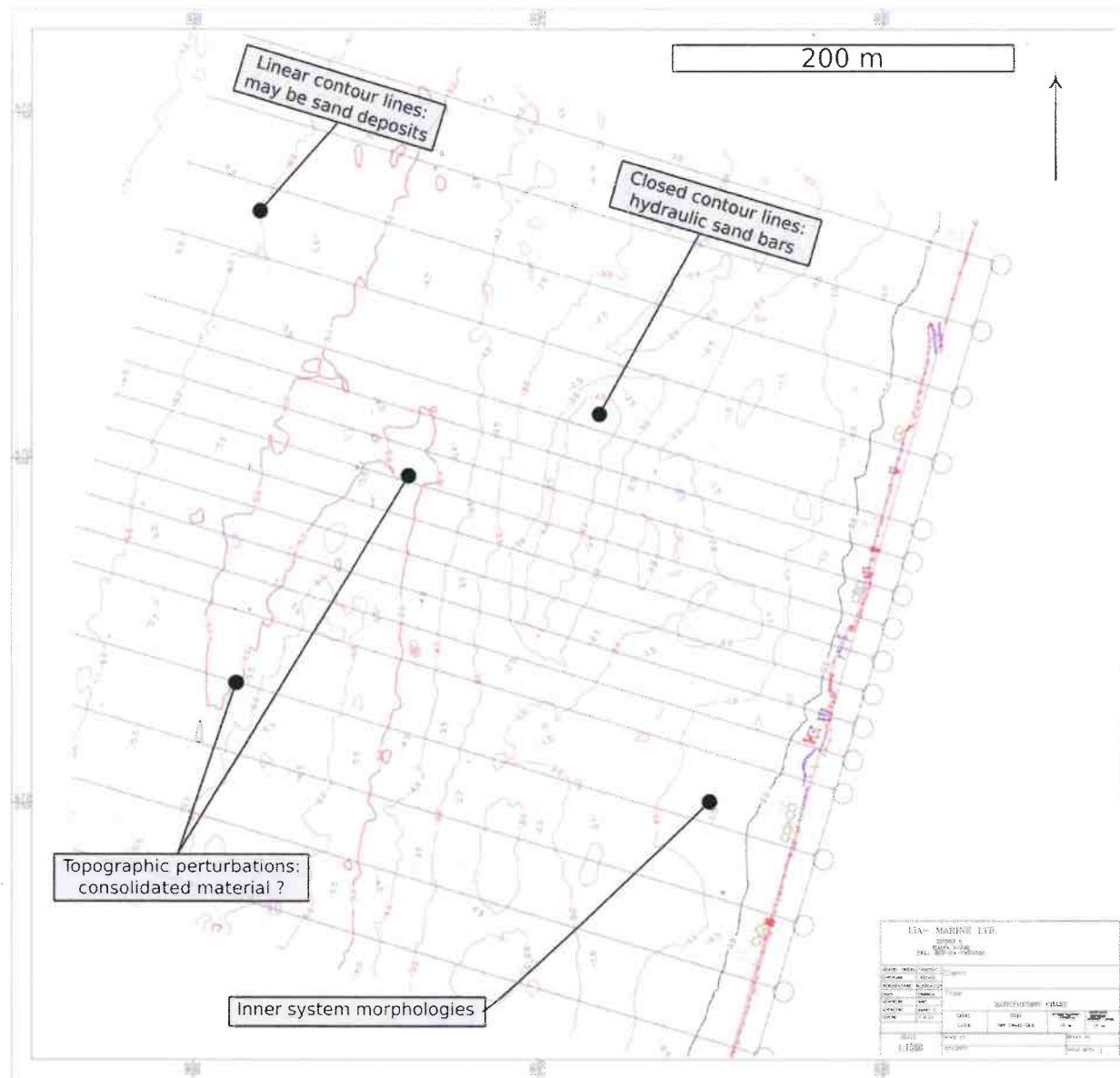
Figure 41 : Changes of the coastline in Ha'Tzuk beach between 2004 and 2015



Source: Coastal Agency, 2016

4.1.5 Sedimentology, seabottom textures and coastal architecture

Figure 42: Bathymetric map of Ha'Tzuk beach.



Source: ATARIM, 2016

The beach sediment is a quasi pure sand with a d_{50} diameter approximately $180 \mu\text{m}$ in 3 m of water depth and approx $200 \mu\text{m}$ in 4 m of water depth. Grain size gradients in the near shore are unknown but may exist, suggested by typical geomorphic features in the near shore (Figure 13).

The report from the coastal Agency-ETHIS-SIE (2016) refer to three areas two on the shore (beach rocks) and 1 at sea (see Chapter 2.3.2) and their presence could be suggested by some contour lines of the sea bottom maps (Figure 42).

Sand occurs mostly every where onto the emerged beach up to the foot of the cliff made of older consolidated sands. However, some beds of consolidated sand directly occur onto the emerged beach (Figure 43).



Those consolidated beds have been reported for years and thus cannot be associated to the recent abrasion of the beach. Nonetheless, their occurrence contributes to the increase of the reflexive conditions when waves land the emerged beach.

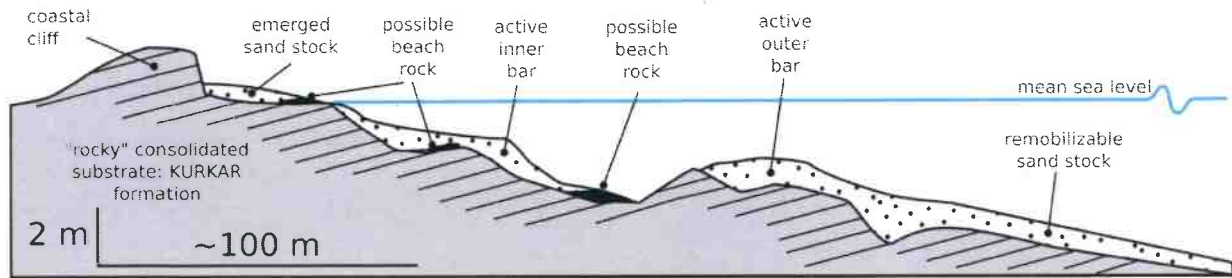
Figure 43: Some photographs of Ha'Tzuk beach (April 29th, 2017).



(A) Emerged beach profile with shoreline instabilities (intermediate energy beach) and beach rocks piercing the surface sand stock; (B) Hatkuz cliff at the very end northern border of Tel Aviv city. It is made of consolidated material, with a dip opposite to the present day mean slope ; (C) Accumulation of sand along artificial strengthening structures to the top of the emerged beach (could result from past high water level during storm conditions or re-mobilized sand by wind). It was said orally that water level during storm may reach 1.5 m above mean sea level; but no data in relation with water level (over-topping, storm run-up,...) has been identified; (D) a beach rock in the swash zone and (E) a pebble of consolidated sand whose occurrence means that rocky substrate is attacked somewhere around; (F) the southern end of Ha'Tzuk beach (with Banana cliff into the background).

There are no available data relative to the coastal tract architecture, unlike it has been done in other places along Israeli coast. As a consequence, the Figure 44 shows a virtual geological profile of a coastal tract like the one that may occur in Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell (built after oral informations and general informations in literature, e.g. Arkin & Michaeli, 1985; Almagor & Shilman, 1995; Almagor et al., 2000).

Figure 44: A virtual cross shore profile of the coastal tract. Kurkar formation are cemented quartz sand forming the substrate of the coastal tract all along Israel

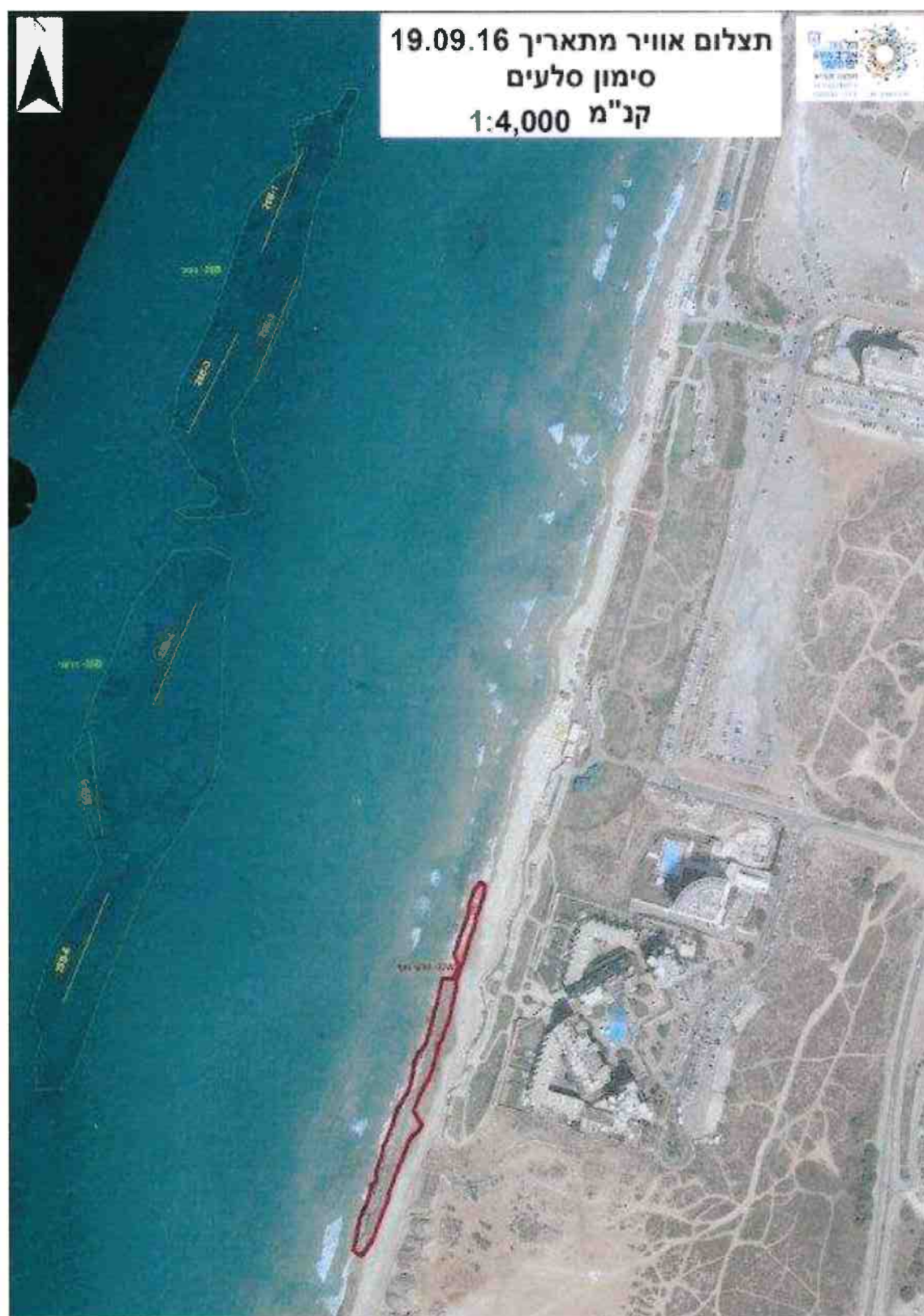


Source : Arkin & Michaeli, 1985; Almagor et al. 2000

The presence of Ha'Tzuk cliff and Banana cliff suggest that the "rocky" substrate (mostly cemented quartz sand termed KURKAR) occur quite near below the sea bottom just nearby the shoreline. In the field, it seems obvious that the Kurkar formation made of cemented sandstone and quartz sand (including paelodunes geomorphic features) Pleistocene/ Holocene in age are clearly distinct from very recent beach rock of unknown origin (typically the result of early diagenesis of the sand at the base of the active stock).

A specific survey was undertaken by ATARIM for the project in September 2016. It confirms the bathymetric contours analysis and the assumptions from coastal Agency-ETHIS-SIE (2016).

Figure 45 : hard sea bottom of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016)



Nota : Modified scale

In 3 to 5 m of water depth which is 200-300 m off the shoreline nearby Baruch, the sediment thickness by pricking (11 runs) ranges between 1.5 and several meters. If one considers this information without any other consideration, it could be said that the beach still contains a significant active stock of sand. However, the pricking tests being very localized and the regional erosional surface being possibly very irregular due to past continental erosion before the last transgression (figure 15), the volume of active sand could be very limited finally.

Sand stocks exist on the continental shelf in tens of meters of water depth (Almagor et al., 2000). However, no precise information regarding the sand stock in the shoreface nearby Ha'Tzuk system has been pointed out. The nearest material with respect to this concern is a report in Hebrew (Dov Rosen, 2005) where some maps with differential sand deposit thicknesses are presented.

In short:

- ▶ The good health of the beach with respect to the existing sand stock cannot be clearly established from the existing data. There are some evidences that suggest that the beach is endangered ;
- ▶ Rocky layers are led at subsurface from 250 to 300 m far from sea shore. Depending on season, and natural sediment dynamic, the sand can overlay it with a thin thickness.
- ▶ Several initiatives could be performed during the PHASE B by the partners to answer the question of the existing sand resources for two main reasons: (1) to better characterize the health of the beach; and (2) to check if local sand is available for possible beach nourishment planed in the beach defense strategy;
- ▶ To improve our knowledge on the sand stock, possible methods include pricking/ jetting (cheap, but discrete information) or Very High Resolution seismic investigation (Chirp or equivalent) coupled with georadar onland (more expensive but definitely more precise). This is **not a requirement but a suggestion**.



5. PART 5: DEFINITION OF AN ADAPTED RESPONSE AND METHODOLOGY

We base the question of the defense of the Ha'Tzuk beach against erosion and coastal hazards on the combination of two points of view:

- ▶ we use traditional engineering, which is an association of field works, physical experimentation and numerical modelling to understand the behavior of the system and the consequences (pro & cons) of the deployment of the coastal defense structures foreseen;
- ▶ we use innovative R&D methods, mainly optimal theory applied to the design of coastal defense structures itself, to counterbalance the fact that traditional methods are not sufficiently constrained in most engineering works (due to a lack of precise informations mainly, and also because the natural processes and couplings involved in the mechanisms at the origin of the erosion cannot be decently and honestly modeled in a purely deterministic way).

Forth, we implement solutions that could be said to derive from soft engineering or environmental reverse engineering strategies; we operate doing things that help the beach system to evolve "naturally" toward another behavior; as often as possible, we try to not fight against Nature but cooperate with.

In the following, we validate first the fact that the key issues of the project can be handled, after the feed back we have from the analysis of the existing hydro- morphodynamic data. Then, we present the exact methodology defined for this project to discuss and implement in PHASE B.

5.1 HANDLING THE KEY ISSUES

5.1.1 Using geotube in Ha'Tzuk is a relevant idea to protect against erosion and possibly high water levels ?

YES. We evidence the fact that Ha'Tzuk beach is a moderate energy dissipative microtidal barred sand system. Ha'Tzuk beach is almost the same as Sète beach South of France; its mean gentle slope is similar; the mean grain size is similar. Yet, Sète beach is a place where a geotube solution has been deployed successfully : reduced beach erosion evidences and a significant seaward shoreline shift have been observed after the geotube deployment and until now (more than 6 years after). This is a strong ascertainment that make us confident to elaborate a full strategy based on geotubes for the protection of Ha'Tzuk beach.

Moreover we can select a type of defense solution quite similar to that already identified for Sète beach. However, we still have to define the exact features and location of such a geotube structure.

5.1.2 Can we enlarge and secure stability of an emerged beach in Ha'Tzuk with a relevant defense strategy ?

YES, it is technically possible, but it relies on a combination of means and solutions and not only beach nourishment for example. It is linked to the choice and the political/ financial constraints of the partners.

If one consider beach nourishment strictly without any other defense action, the duration of the reconstructed beach is highly dependent of the occurrence of a winter storm strong enough to trigger sand remobilization all along the cross-shore profile, driving net sand transport toward the deep shoreface or laterally outside the zone of interest. The duration of a non protected reconstructed beach is not predictable but could be dramatically short (typically less than one year). So the recurrent beach nourishment may be really too expensive. In such a case, the answer to the question would be NO.

With a geotube solution without any beach nourishment, the mean energy of the system would be reduced globally and all the time. This is a direct and obvious consequence of the principle of controlling hydraulic energy while waves propagate shoreward. In the situation where the efficiency of the chosen defense system might not be optimal, the speed at which the sand moves away would be strongly lowered but would still drive a residual long term erosion. In such a case, combining a geotube solution and sparse nourishments would guarantee a constant beach width along the Ha'Tzuk stretch. And the answer to the question would be YES if the complementary beach nourishment is accepted by the partners.

The occurrence of an extreme event like the WOA level 7 storms mentioned in a previous section is not predictable. If we have to dimension the solution to guarantee the fact that such an event won't destroy the beach for a while (a couple of weeks, a month,...), the answer is NO. However, if the partner accepts that the beach may be partly and temporarily damaged and then built up again (by means of self-reconstruction facilitated by the defense solution), the answer to the question is YES.

In other words, we can guarantee a minimal beach width assuming that (1) additional beach nourishments may be mandatory to counterbalance a too poor sand stock, and (2) the beach would be temporarily destroyed in case of very severe storms for which any coastal defense dimensioning would be a nonsense ((e.g. a seawall in 5 m of water depth).

However, with respect to our former experience of such a family of defense system, and having in mind a global overview of the Ha'Tzuk system, a certain width of more than 20 m could be obtained and would be precized in the next steps of the study.

This value cannot be secured at the actual stage of the study, as far as we just have global trends and do not have yet precise informations on the coastal tract architecture (and thus the sand stock) and on local current dynamics.

5.1.3 Would the solution against beach erosion reduce also the formation of upper beach scarps during storms and thus would better control the beach cliff erosion ?

Most of the time, YES. Beach cliff erosion is active when two mechanisms occur concomitantly at the shoreline. First, to be eroded, the beach cliff must be attacked by bores (derived from waves) strong enough to break the cohesiveness of the material constitutive of the beach cliff. But usually, the swash do not reach the foot of the cliff. So, to trigger beach cliff, the water level must be higher than usual in the same time as such robust bores occur.

The meteo-marine and hydrodynamic processes that control the water level are not exactly the same as those that control the remobilization/ transport of sand, although very complex interactions exist in between the two families of processes. The erosion is driven to the first order by the wave energy (potential and kinetic) within the full nearshore zone, especially in the surf zone. The water level to the shoreline is a complex superimposition/ coupling of the effects of many meteo-marine forcings (atmospheric pressure, waves, wind, edge waves, infra-gravity waves, 3D circulation,...).

The defense solution is first designed to deal with the beach erosion. As we plan to implement the same type of solution as that chosen in Sète beach, France, we already know that the main engineering objective will be to reduce the global near shore wave energy between an artificial sand bar (the geotube itself) and the shoreline. Doing so, we also alter a part of the causes of the beach cliff erosion:



- ▶ Waves will have much less energy at the shoreline, although if the water level is high and the water depth over the geotube increases. The defense structure design will take into account the changes in water depth over the geotube apex. So, the lower the wave energy at the cliff foot, the lower the abrasion;
- ▶ The wave setup (the increase in water level due to the shoreward water mass transport driven by wave skewness in the shoaling/ surf zone) will be systematically reduced by the deployment of the geotube. More precisely, the wave setup will increase as waves approach the geotube and will be significantly smoothed in the lee side of the structure. This is a basic result of the linear wave theory and is observed in the field, in experimentation and by numerical means;
- ▶ Infra-gravity waves are slow and long waves (period of 30 s to 2 min approximately) that result from wave/ wave interaction in the deep water and/ or in the nearshore in presence of hydraulic bars. Infra-gravity waves infer out of phase slow and up to 1.5 m high vertical oscillations of the water level. As a consequence, infra-gravity can significantly change the water level to the shoreline minute after minute. When waves propagate over a low crested structure, a geotube or any bathymetric perturbation of the seabottom, wave/ wave interaction may be perturbed and so the content of the infra-gravity spectrum. The forecasting of the infra-gravity signature in presence of any defense structure, as well as that of possible edge waves, is not straightforward. If the geotube solution increases the energy of the infra-gravity spectrum, an increase of the water level to the shoreline may occur. On the contrary, the deployment of the geotube will have a beneficial impact to the beach cliff erosion ;
- ▶ The swash and the beach run-up are functions of the wave features, of basic morphologic features (such as the mean beach slope) and possibly of the infra-gravity. As soon as those driving processes are reduced, the impact at the foot of the beach cliff is limited also ;
- ▶ Last, if the beach width is well controlled by the presence of the geotube (main goal of the defense strategy), the fact that the foot of the cliff is systematically located far from the current swash zone has an immediate beneficial impact on its abrasion: basically, it will be less often touched by the swash.

As a consequence, there are good chances that the positive effect of the geotube on the beach width will also infer a decrease or nullify the beach cliff erosion. Having in mind the possible counterbalancing process mentioned above, in the defense strategy presented in the following section, we clearly indicate how and when we handle the question of the impact of the geotube on the infra-gravity content and more generally the water level at the shoreline.

5.1.4 Would the transformation of the Ha'Tzuk hydro- morphodynamics by the deployment of geotubes modify that of Herzliya Marina to the North?

NO, as long as we have moderate alongshore currents. Before to answer this question, one would have first to determine whether or not the current hydrodynamics in Ha'Tzuk already compel that of Herzliya, without any geotube. Our state of the art has demonstrated that there are very poor informations relative to the near shore hydrodynamics in the Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell. The existing simulations look fine, but a simulation is a model, not the reality; it shows given and well- defined physics, no more.

The geotubes deployed in Sète in a context where the alongshore currents are significant did not drive any significant increase of the alongshore processes. It can be supposed that, for a quite similar design in Ha'Tzuk where the alongshore signature seems to be much less, the geotube deployment will not result in any additional side effect.

That being said, however, it would be necessary to characterize the nearshore hydrodynamics of Ha'Tzuk if the partners want to be able to defend robustly his position in a future possible debate relative to the impact of the defense structures on Herzliya. Indeed, no one may discuss the impact of the geotubes if no initial state is clearly defined.

5.1.5 Are beach or bar nourishment possible ?

This question is open. The answer depends on (i) the identification of local stocks of compatible sand, (ii) the quantification of the amount of sand to be used which can be estimated after a basic quantification of the existing sand stock in Ha'Tzuk. From an administrative point of view, we assume that the partner ATARIM can obtain the required authorization to extract sand from the shoreface, to transport it and/or to deposit it in the nearshore. Considering that these practices are possible, and that enough sand can be moved to Ha'Tzuk beach from a foreign source (it was said to us that Israel use sand from the North brought by boat) eventually, the answer to the question is YES. But this question should be explored further in the study after receiving answers on :

- What are the constraints and conditions in Israel for sand nourishment of beaches (regulations and example of practice)
- What are the conditions for sand export to one place from foreign sources ? at what condition it is possible ?
- What is the local actual sand stock

5.1.6 Is there enough sand resource to create geotube system ?

The local sand resource is wide enough to inflate the geotubes. A quick calculation shows that 30 m³ of sand is needed to create a 2 geotube system with 3 m height and 6 m wide geometry like was constructed the similar Sète wave attenuator.

The local sand resources around Ha'Tzuk are greater than 30 m³/m under 5 or 6 m water depth. If necessary, stocks 500 m around project site could be mobilised easily.

To secure the sand location, it is necessary to analyse the results of a specific survey (the survey needed to check whether beach or bar nourishment is possible).

5.1.7 Does the Geotube will modify the local biodiversity ?

Installation of geotubes in Sandy Bottom modify the underwater landscape but produce also new habitats and hidden places favourable for marine flora and fauna colonisation. On other geotubes sites in similar Mediterranean shore it was noticed rapid colonisation development with algae (brown algae) and a certain variety of fauna developed like mussels (*m. edulis*), octopus, lobsters and fishes.

Since the subsurface rock layers are seasonally covered by sand, they are not supposed to accept sensitive species. The biological impact of a geotube settling is thus supposed to be low.

5.1.8 Does geotubes affect sea traffic and does it need protection ?

Geotubes can be armed by boat propeller. Specific bouys and restriction for motor boats should be implemented when installed. Since geotubes are under water and are not on the shore, they are generally not armed by other means or volunteer destructions with knives, etc... Moreover the structure are filled with compact sand explaining the difficulty to grab and arm them with simple knives, the natural colonisation rapidly develop a specific coating around the geotubes that also protect them.

During the design process it will be discussed about the minimal water height under the geotube to prevent or lower physical (natural or anthropic) damages.



5.2 CONCEPTUAL AND PRACTICAL DESIGN STRATEGY

In this section, we first present what R&D optimal theory is. Then we describe the practical strategy proposed to ATARIM to tackle the question of beach erosion in Ha'Tzuk (and incidentally the beach cliff erosion). This strategy is based on the following steps:

- ▶ pre-select a category of geotube solutions based on our former experience: we plan to deploy lines of geotubes parallel to the shore.
- ▶ calculate by optimal design the best configuration for that type of geotube solution and best location of the geotubes;
- ▶ validate this optimal solution with classical numerical modelling, especially regarding the impact of the geotube on the nearshore circulation patterns. For that step, the question of the effect of the geotube on Herzliya area can be discussed;
- ▶ validate the efficiency of the optimal solution with a targeted experimentation in a small wave/ wind / water level flume. There, we can get some robust insurance that the best solution with respect to the soft engineering point of view is also a good solution with respect to what we finally expect: reducing the water level, reducing the energy in the lee side of the hydraulic bars;
- ▶ define additional protection actions (beach nourishment, artificial bar nourishment, shoreface nourishment,...) to reinforce the optimal design approach.

5.2.1 Optimal design for the best geotube solution

Shape optimization is the science that looks for the best shape of an object with respect to the minimization/ maximization of a cost function which is supposed to describe correctly the state of the system considered. Since 10 years, in coastal sciences, minimization principles are deeply used in the coupling of fluid-structure to model in a single comprehensive workflow (i) the propagation of the wave field and the water mass circulation, (ii) the seabottom evolution in the nearshore and on the beach and (iii) the automatic design of coastal defense structures in complex geometric configurations where the natural system interacts with human actions. Such situations are almost impossible to handle with a traditional approach based on the coupling of various PDE (mathematical/ physical models). More precisely, the engineer thinking about a personal solution based on his personal forcefully limited experience cannot be sure that he has the best solution possible.

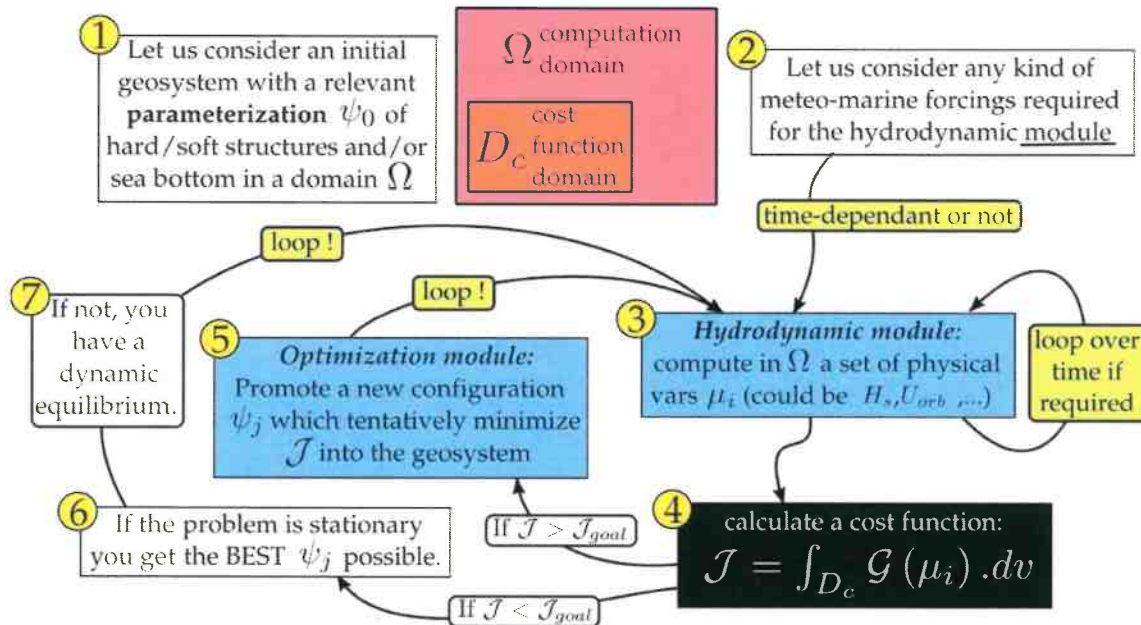
Ten years ago, we started to design simple low-crested coastal defense structures by shape optimization to minimize the wave energy in the nearshore, considering that reducing the nearshore wave field energy may bring back some sand to the shoreline which is a very basic observation for any sand beach system (Isebe et al, 2008a). These pioneer works have then been extended to design several other defense structures, like peculiar piers and jetties (Isebe et al., 2008b), and more evolved low-crested structures (practically, some geotextile tubes; Azerad et al., 2007). We have continued to introduce an increasing complexity in the shape optimization problem (Azérad et al., 2008) until we deploy a comprehensive solution in the western beach of Sète, where the littoral system suffered a dramatic erosion. The defense solution implemented there exactly followed the optimal design promoted by our R&D methodology. And several years after the deployment, the significant natural ingress of the beach (25 m / year since the geotube deployment) is the most striking evidence of this successful operation.

During this 10 years long period, we have also realized that the classical numerical modelling (solving EDP with numerical schemes) of nearshore hydro-morphodynamics has reached some intrinsic limitations (Idier et al, 2013): obligation to parameterize more and more complex physics, ultra-dependency of the simulations to the initial conditions (single storm or sets of successive storms ?), boundary conditions (how to embed in the simulation the changes of the nearshore seabottom during a storm event ?), increasing calculation time, incapacity to nucleate geomorphic features like nearshore sand bars,...

From this statement, we have introduced another point of view for nearshore hydro- morphodynamic modelling based on minimization principles. Indeed, a sandy bed is now seen as a structure with low (and controllable) stiffness. Wave propagation/ water motion are described by Saint Venant, Boussinesq equations, mild slope equation or any other relevant physics for the problem posed. The coupling is based on the assumption that the bed tentatively adapts to the flow in order to minimize some energy quantity together with minimal sand transport (Bouharguane et al, 2010). The approach is shown being equivalent to the use of an Exner equation (Bouharguane and Mohammadi, 2012) for the bed with a nonlocal expression for the sediment transport flux. Because the choice of the functional permits to include different physical quantities which might play a role either in bottom morphodynamics or hydrodynamics, the approach is both a research tool for validating different modeling hypothesis and an engineering tool for helping the development of coastal management strategies. It is even adapted to take into account uncertainty in the modelling process (Mohammadi and Bouchette, 2014). Very recently, we have embedded the effect of infra-gravity in the design process (Mohammadi & Bouchette, 2016).

Practically, we use our home-made shape optimizer coupled with a hydrodynamic module. For the Ha'Tzuk project, we use a hydrodynamic module that calculates basic parameters like wave height, wave period, radiation stresses and energy at various points in a domain extending from 7-8 m of water depth to the shoreline. Several hydrodynamic module are compared (Boussinesq-like, Saint Venant, REFDIF, Shorecirc,...). Our former experience demonstrates – and this is the strength of this approach – that the type of model providing wave features and derived parameters is not essential. Figure 46 describes then the full workflow for the design procedure.

Figure 46: The optimal design workflow.



The most important thing in this procedure is to define a relevant cost function J .

Source: F. Bouchette (BRLi), 2017

For the Ha'Tzuk project, we suggest to start the optimization procedure with the following cost function:

$$J(U(\psi_i)) = \int_{t-T}^t \int_{\Omega} \left(\frac{1}{2} \rho_w g \eta^2 + \rho_s g (\psi_i(\tau) - \psi_i(\tau - T))^2 \right) d\tau d\omega$$

The bed adapts in order to reduce energy due to water mass with **minimal** sand transport



where ψ refers to the parameterization considered, Ω is the computational domain considered (Ha'Tzuk beach from Herzliya to Baruch tombolo), ρ refer to sediment and water density, g is the acceleration of gravity and T is a slow time (that refers to the fact that morphodynamic kinematics are much slower than hydrodynamics). This functional contains two terms. The first one tentatively minimizes a global energy (square of the water surface elevation integrated in time). The second term tentatively minimizes the sand displacement: the system will behave better if the sand remobilization is minimized. In other words, sand may move (to rebuild the natural hydraulic dune, to ingress the emerged beach,...), but not too much. A stable sand favors a stable beach.

More precisely, we compute a functional $J_{Ha'Tzuk}$ which is the ratio J_{bad}/J_{good} of the two following functionals:

- ▶ The functional J_{good} calculated with the definition above for the waves that are lower than the threshold ET_{wave} strictly.
- ▶ The functional J_{bad} calculated with the definition above for the waves that are higher than the threshold ET_{wave} strictly.

After the analysis of the existing data, we already performed a first set of runs with the shape optimizer coupled with a simple hydrodynamic module called REFDIF (a Berkhoff equation dealing with refraction-diffraction on a gentle sloping bottom) and forced by monochromatic waves estimated after the existing wave statistics. Forth, we already know that ET_{wave} will certainly range in between 1.5 m and 2 m, so that we can provide estimation of the total functional $J_{Ha'Tzuk}$. These runs are tests and they won't be provided as results. Forth, obviously, they are not considered as the official optimal design procedure that will be performed during PHASE B (see next section). We provide preliminary results to feed the forthcoming strategic discussions.

The preliminary optimal design suggests that a line of geotube (of unknown wideness – set to 6 m for the tests) would be optimal with respect to the functional $J_{Ha'Tzuk}$ if deployed somewhere in between 190 and 340 m off the current shoreline.

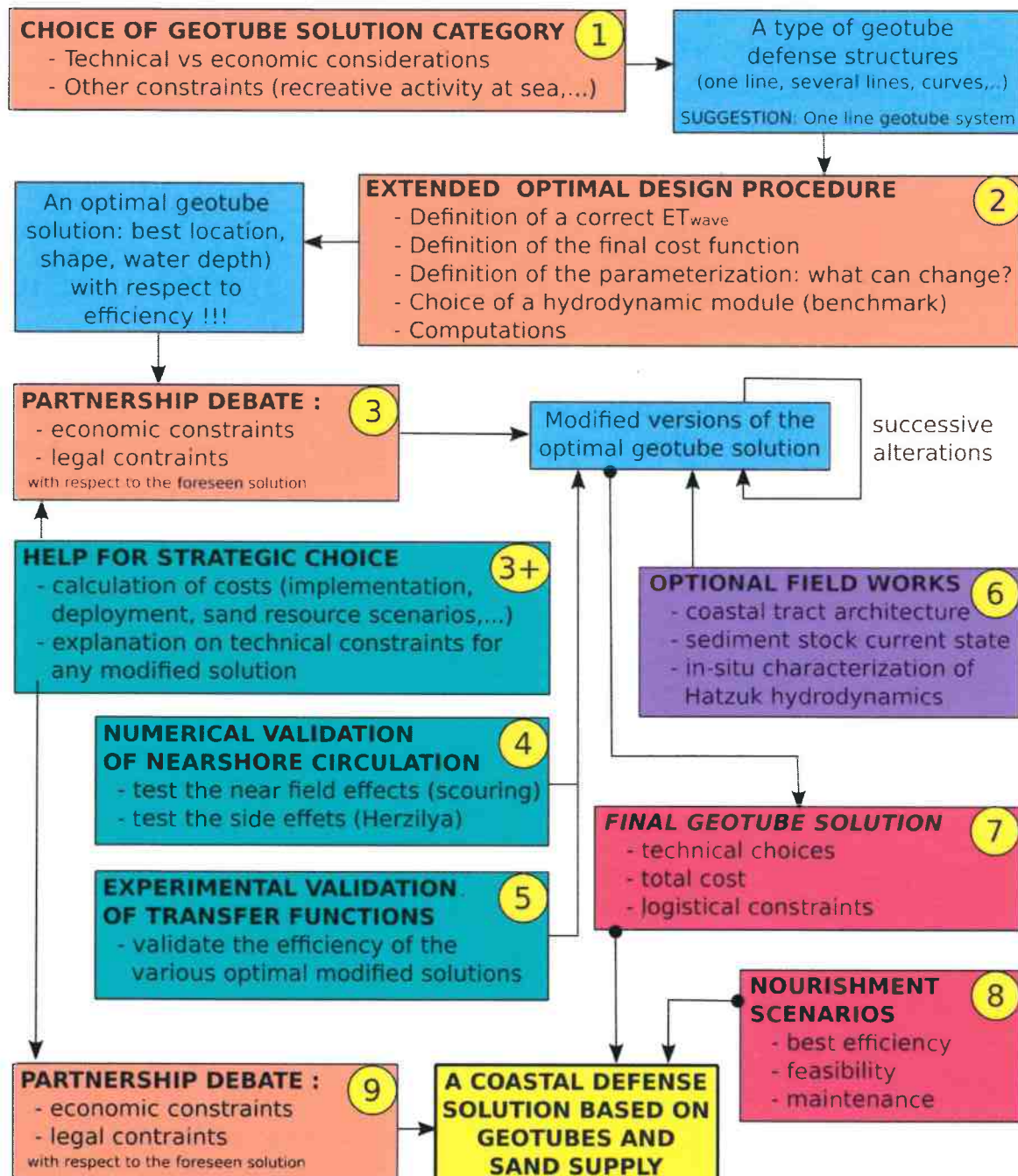
At now, the uncertainty on the location of the geotube infrastructure comes from the uncertainties on ET_{wave} , wave statistics, possibly the choice of the hydrodynamic module, possibly a strong variability of the sea bottom shape through time in the deep nearshore, possibly the definition of the functional if infra-gravity is of major concern in such a dissipative beach...

Those parameters will be tested and included in the procedure during the PHASE B to highlight a more precise geotube location. Then, the optimal solution will be tested by various means which are described in the next section with the presentation of the comprehensive defense strategy.

5.2.2 The conception strategy for the project

The Figure 47 presents a full and self-content description of the strategy proposed for the PHASE B of the project.

Figure 47: Strategy for the defense of Ha'Tzuk against beach erosion & beach cliff abrasion.



Steps 1 to 4 will be performed before the experimentation starts. The experimentation is describe in Appendix A.

5.2.3 Physical modelling strategy

Regarding the aim of the project, the site characteristics, the available data and the modelling strategy, it is necessary to secure a few information from experimental tests :

1. Transfer coefficient on top of geotubes (validation of optimal design by classical engineering)
2. Local scour around geotubes (for internal design of geotubes scour apron)
3. Morphological patterns in response to geotubes deployment, including local scour around geotubes (for global shoreline tendencies)

The following table aims to help choosing the optimal way (delay, cost, quality of the results) to give answers to this questioning and then conclude the conceptual design of the geotubes.

Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk Beach in
Physical modelling strategy
23/05/2017



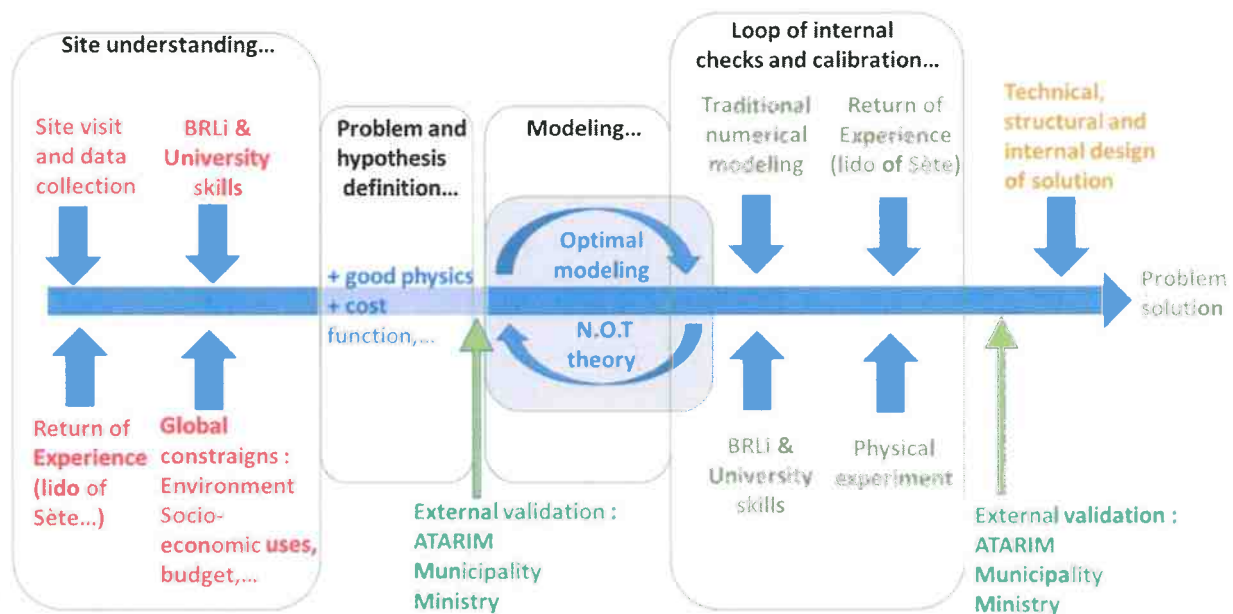
N°	Questionning	General way to handle it	average costs	average delay	Alternative solution (cost / delay)	Comment
1	Transfer coefficient on top of geotubes (validation of optimal design by classical engineering)	2D solid flume experimentation (wave / current / wind and surge)	25/35 k€HT	1 month	NO (poor bibliography / no good specific solution for Hatzuk project site)	Recommended
2	Local scour around geotubes (for internal design of geotubes scour apron)	2D mobile sea bottom flume exp. (wave only)	60 / 80 k€HT	2 to 3 months	YES : re-use existing flume experimentation performed in COPTER R&D program and re-analyse for Hatzuk / 12k€HT for re-analyse regarding Hatzuk specific conditions / 1 month	Necessary, recommended
3	morphological patterns in response to geotubes deployment, including local scour around geotubes (for global shoreline tendencies)	3D mobile sea bottom basin exp. (=wave tank exp.) (wave only)	200 / 250 k€HT	6 months	YES alternative 1 : re-use existing 3D wave tank experimentation performed in COPTER R&D program and re-analyse for Hatzuk / 8k€HT / 1 month) YES : alternative 2 : trust field validation of Sète and the post deployment survey by BRGM / 0k€HT / 1 month)	Not necessary, because of too many differences between 3D exp and field configuration. Useful for general purpose available in literature

Regarding to our knowledge and state of the art, BRLi recommends to conduct a 2D solid flume and to reanalyse former experiments that are physically similar to the Ha'Tzuk Beach Project. Appendix A gives the specifications and scope of work for such a 2D solid flume experiment.

5.2.4 The calibration and quality insurance strategy for the project

The Figure 47 presents a full and self-content description for the conception of the project. The following Figure shows the internal validation and calibration process for the project. It is based upon the following basis :

- Skilled and experienced team regarding coastal engineering and coastal research ;
- Synthesis and discussion of all the relevant published research papers regarding the characterisation of the site project
- Crossed and independent modelling strategy ; Optimal design / Traditional engineering modelling / physical modelling.
- Use of return of experience and specific R&D programs to Ha'Tzuk project.



All the design and conception processes are handled through BRLi 2015 certified Insurance Quality. ISO 9001 by LRQA (Lloyds Register Quality Assurance).





TEL AVIV – YAFO MUNICIPALITY
ATARIM LTD



MARINE ENGINEERING PLANNING SERVICES OF SUBMERGED DETACHED BREAKWATERS WITH SAND FILLED CONTAINERS AT THE FRONT OF HA'TZUK BEACH IN TEL AVIV – YAFO, ISRAEL

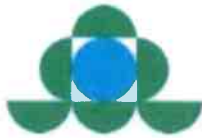
***Stage A : Feasibility Study
Preliminary planning documents based on
physical and numerical modelling – contract
phases 2.3, 2.4, 2.5 & 2.6***

October 2018

PDG_StageA-3-6.docx

BRL
Ingénierie



**BRL Ingénierie**

BP 94001
1105 Av Pierre Mendès-France
30001 NIMES CEDEX 5 - FRANCE
Tel: 04.66.87.50.00
www.brl.fr/brli

Project n°	A00165
Name of the document	Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk Beach in Tel Aviv – Yafo, Israel- Report_Stage_A
Project owner	Atarim LTD
Creation date of the document	2018/04/02
Reference of the document	A00165_Report_Stage_A-3-6_V0
Index	V0
Contact	Nicolas FRAYSSE

Sending date	Index	Remarks	Produced by	Verified and validated by
19/10/2018	V0		F. BOUCHETTE N. FRAYSSE	N. FRAYSSE

6. PART 6: CONCLUSION AND ELEMENTS FOR CHOOSING A STRATEGY FOR THE PROTECTION OF HA'TZUK BEACH

The 3 first stages of the project :

- 1 Recommended impact area boundaries.
- 2 Preliminary review of the littoral cell where submerged detached breakwaters with Sand Filled Containers would be constructed.
- 3 Preparation of specifications of marine models for a laboratory.

Are studied in the present document. It allows us to conclude :

- The Ha'Tzuk Beach and its natural hydrodynamic characterisation (bathymetry, waves, water levels, current) is known at a level good enough for conception of the solution. Some more information regarding currents could be interesting for general and local knowledge but not mandatory for the study.
- A solution including geotube alone located between 200 and 400 m far from shore, or geotube and beach nourishment is convenient to fix the erosion problem of Ha'Tzuk Beach.
- A beach of more than 20 m width is possible to obtain, but its final width will depend on local sand stock and global sand transit.
- Local sand resources are not precisely known and if it is sure that there will be sand enough for geotube construction, it is not known if local natural sand stock is convenient to improve durably the beach width in good conditions or if beach nourishment will be needed. A specific survey is to be undertaken to secure sand stock information within the project area.
- The marine environmental constraints (benthos, algae and fish species) and human activities are compatible with a geotube deployment. Some measures could be needed to lower potential impact.
- From past experiences, it is known that when the shape and location are optimised, there is no lateral impact on erosion of non protected side beaches. Geotube as a wave attenuator is a soft solution, environment friendly.
- From the available data analysed, physical a 2D strategy modelling was constructed. These model experiment can be implemented without knowing exact local sand stocks since it is known that beach rock is near surface.
- An effective calibration scheme was proposed to fulfil the project study. It will be conducted under ISO 9001 Quality Insurance.
- A few lack of data were identified and the only mandatory missing information is regarding the local sand stock.

Based on validation of the present document, it is possible to start the next task of the project.

APPENDICES



Appendix A- References

- Almagor, G., Gill, D., Perath, I. (2000) Marine sand resources offshore Israel. *Marine georesources and geotechnology*, 18:1–42.
- Almagor, G. & Shilman, B. (1995) Sedimentary structures and sediment transport across the continental slope of Israel from piston core studies. *Sedimentology*, 42, 575–592.
- Arkin, Y. and Michaeli, L. (1985) Short and long term erosional processes affecting the stability of the mediterranean coastal cliffs of Israel. *Engineering Geology*, 21, 153–174.
- Azérad, P., Isèbe, D., Bouchette, F., Ivorra, B., and Mohammadi, B. (2007) Design of passive defense structures in coastal engineering. *International Review of Mechanical Engineering*, 1(1):1–18.
- Azérad, P., Bouchette, F., Isèbe, D., and Mohammadi, B. (2008) Optimal shape design of defense structures for minimizing short wave impact. *In: Modeling, Simulation and Optimization of complex processes*, 55, 303-312 doi:10.1016/j.coastaleng.2007.06.006
- Bouharguane, A., Azérad, P., Bouchette, F., Marche, F. and Mohammadi, B. (2010) Low complexity shape optimization and a posteriori high fidelity validation. *Discrete and Continuous Dynamical System Serie B*, 3(2):759–772.
- Bouharguane A. and B. Mohammadi (2012) Minimization principles for the evolution of a soft sea bed interacting with a shallow sea. *Int. J. Comput. Fluid D.*, 26:163-172.
- Bouchette F., Manna M., Montalvo P., Nutz A., Schuster M. and Ghienne J-F. (2014) Growth of cusate spits. *Journal of Coastal Research*, 70:47-52, doi:10.2112/SI70-009.1
- CAMERI (2013) Tel Aviv Area – Wave statistics for deep water based on Ashdod/Haifa wave measurements from 01/04/1992 to 31/03/2013. Report P.N 788/13. Technion City, Haifa.
- CAMERI (2015) Sedimentological Numerical Model for Studying the Protection Schemes of the Herzliya Coast and Cliff. Final Report P.N.809/15 Technion City, Haifa.
- Carmel, Z., Inman, D.L. and Golik, A. (1985) Directional wave measurement at Haifa, Israel and sediment transport along the nile littoral cell. *Coastal Engineering*, 9, 21-36.
- Castelle, B., Michallet, H., Marieu, V., Leckler, F., Dubardier, B., Lambert, A., Berni, C., Bonneton, P. Barthelemy, E. and Bouchette, F. (2010) Laboratory experiment of rip current circulations over a moveable bed: drifter measurements. *Journal of Geophysical Research Serie C*, C12008.
- Coastal Agency-Ethos-Pro-SIE (2016) Analysis of Zoning Areas no. 25-26 – Tel-Aviv - Ha'TzukHa'tzuk Beach - Sea and Sun - Current State Description. NOP 13/9/1 – Partial National Outline Plan for the Protection of Coastal Cliffs along the Mediterranean- September 2016.91 pp.
- Coastal Area Management Programme Israel, 2000,
- Idier, D., Castelle, B., Poumadère, M, Balouin, Y., Bohn Bertoldo, R., Bouchette, F., Boulahya, F. et al. (2013) Vulnerability of sandy coasts to climate variability. *Climate Research*, 57:19-44. doi:10.3354/cr01153
- Isèbe, D., Ivorra, B., Azérad, P., Mohammadi, B. and Bouchette, F. (2008) Progress in Global Optimization and Shape Design. *Coastal Engineering*, 55, 35-46 doi:10.1016/j.coastaleng.2007.06.006



- Isèbe, D., Azérad, P., Bouchette, F., Ivorra, B. and Mohammadi, B. (2008). Shape optimization of geotextile tubes for sandy beach protection. *International Journal of Numerical Methods in Engineering*, 74:1262–1277.
- Isèbe, D., Azérad, P., Bouchette F. and Mohammadi, B. (2014) Design of Passive Defense Structures in Coastal Engineering. *International Review of Civil Engineering*, 5(2), doi:10.15866/irece.v5i2.2029
- Israel Marine Plan (2015). msp-israel.net.technion.ac.il
- Kit, E. and Sladkevitch, M. (unknown date) Structure of offshore currents on Mediterranean coast of Israel.
- Klein, M.; Zviely, D.; Kit, E., and Shteinman, B. (2006). Sediment transport along the coast of Israel: examination of fluorescent sand tracers. *Journal of Coastal Research*, West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Kunitsa, D. (2000) Forecasting the regime of currents on the Israeli continental shelf. Ph.D. thesis, Technion, Haifa.
- Mohammadi, B. and Bouchette, F. (2014) Extreme scenarios for the evolution of a soft bed interacting with a fluid using the Value at Risk of the bed characteristics. *Computers and Fluids*, Elsevier, 89, 78-87. doi:0.1016/j.compfluid.2013.10.021. HAL-Id: hal-01054937.
- Mohammadi B. and Bouchette F. (2016) Dynamics of nearshore sand bars and infra- gravity waves, AGU fall meeting, San Francisco.
- Marine Policy Plan for Israel (2014).
- Perlin A., and Kit E. (1999) Longshore sediment transport on Mediterranean Coast of Israel. *ASCE Journal of the Waterways, Port, Coastal and Ocean Division*, 125(2): 80-87.

Appendix B- Design of a physical experimentation to test a defense strategy at Ha'tzuk beach (Tel Aviv Israel)

ATARIM and collaborators are presently involved in a project regarding (i) the understanding of nearshore hydrodynamics and their consequences on sediment transport, water level and wave impact to the shoreline and (ii) the design of innovative coastal defense structures based on geotextile tubes to deal with erosion and submersion along a small segment at Ha'Tzuk beach (Tel Aviv, Israel). This document briefly describes the needs of ATARIM and collaborators in terms of physical experimentation in the framework of this project. Those needs are precise and do not concern the whole project; they mainly address the validation of the location and size of the geotube solution defined by optimal design. The content of this document is a guide for the experimental strategy, and provides a set of required technical constraints to any one that would ambition to manage the experimentation.

1. GENERAL FEATURES OF THE EXPERIMENTAL SETUP

The experimentation will be based on a wave flume in which the hydrodynamics of a shoreface extending 400-500 m from the shoreline may be modeled with a good fulfillment of a relevant set of scaled physical laws. The experimental device should display general features like those in Figure 1. In such an experimental device, "sediment" layer may not be sand but a solid material that correctly mimics the sand roughness. Indeed, the required experimentation is based on solid bottom, no sediment transport, no morphological changes. It is a pure hydrodynamic experimentation.

Figure 1: max dimension and mean features of the wave flume. Those are max dimensions. The flume should be much smaller if possible.



The Ha'Tzuk beach is a typical microtidal wave dominated sand beach. The flume should be able to force the system with three types of processes:

- ▶ 1. wave,
- ▶ 2. wind
- ▶ 3. surge (increase of mean water level).

If possible, it would be really appreciated that the flume allows to combine such distinct forcings in same runs so that critical extreme scenarios (storms, with wind, wave and surge) could be tested.

The experimental strategy must describe clearly what is possible or not in terms of combination of wave, wind and current forcings. The experimentation is 2DV (cross shore profile) assuming that Ha'Tzuk hydrodynamics is mainly 2D, and not deeply controlled by 3D nearshore processes.

2. SCALING: BOTTOM, WAVE/ WIND & CURRENT CONDITIONS

The scaling of the experimentation depends upon the general features of the experimental flume, the maximum wave height/ period, wind and surge process required for the experimentation and the features of the bottom conditions. The limitation of the experimental setup will be clearly indicated. The constraints relative to the bottom and the various forcings are described below.

Sea bottom constraints

The sea bottom condition will be a simple cross-shore profile with no alongshore variation, and displaying an outer hydraulic bar. The experimental beach may not be similar to but representative of the Ha'Tzuk beach which mean slope is close to 1:100. The maximal scaled water depth possibly modeled will be clearly indicated. There exist bottom profiles extracted from in-situ DEM measurements at Ha'Tzuk beach. They could be provided for the preparation of the profile. However, we recommend the use of a simple typical representative profile and not a real one.

On top of this bottom profile, two geotube configurations (Configuration A, configuration B) will be set. In the experimentation, the geotubes will be represented by a soft material (like sponge) which has already demonstrated its efficiency in such experimentations. A simple dimensional analysis will demonstrate that the material used for the geotube is physically consistent with respect to the rest of the scaled experimental setup. The specific features of the two configurations A and B will be adapted depending upon the technical constraints. However, configuration A will correspond to a deployment on the seaside of the natural outer hydraulic bar. Alternatively, configuration B will correspond to a deployment at the top or nearby the natural outer hydraulic bar. Height of the geotube will be adapted so that the water depth above the defense structure may be higher than 2 m in the field.

Wave forcings

We clearly want to propagate dimensioned waves over periods allowing a correct expression of a full wave spectrum (which means runs of more than 20 minutes, ideally 1 hour). Typical JONSWAP wave spectrum will be used. Forth, in the field, a typical storm follows a pattern increase—apex—vanishing which is of first importance for the global dynamics of the system. Thus, for that reason, and also because of constraints imposed by the scaling factors, the envelop of the experimental storms in terms of wave height and wave period will look like those displayed in figure 3. A storm will be sliced in a limited number of steps.

One weather wave condition (W1) and two different storms (W2 and W3) will be defined in terms of wave height/period successions after the wave analysis at Ha'Tzuk provided by ATARIM and collaborators to the partner in charge of the experimentation. The experimental setup must be able to reproduce such storm patterns. Experimental wave features (height, period) will be determined by the ensemble scaling analysis (see section 5).

Wind forcings

Wind forcing will be used alone or superimposed to the wave forcing. Two scenarios will be tested. A scenario I1 will correspond to a wind blowing in the same direction as the wave propagation. A scenario I2 will correspond to a wind blowing in a direction opposite to that of the waves. In both cases, the velocity of the wind will be the same, and defined by the technical constraints of the experimental device. Experiment wind magnitude will be determined by the ensemble scaling analysis (see section 5).

Figure 2 : Typical modeled storm in the field (Sète; 15-18 janvier 1999; where geotubes were already deployed).

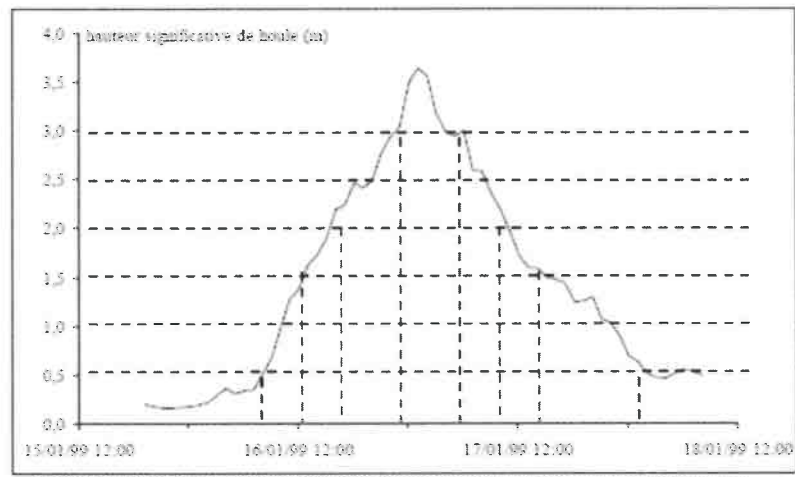
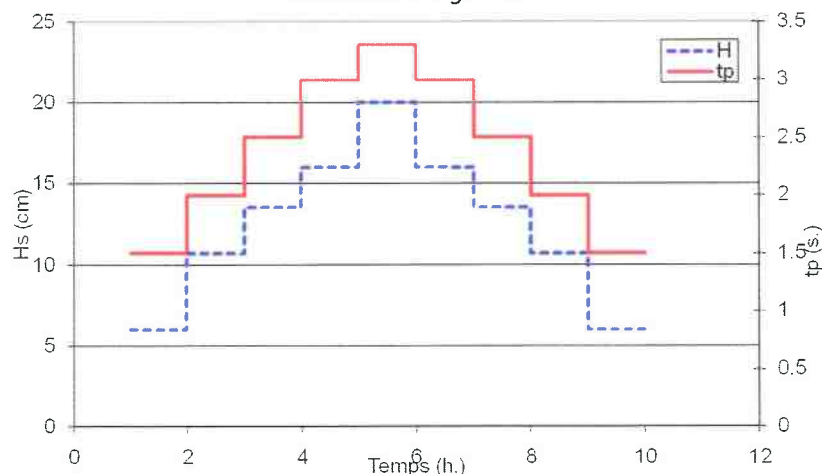


Figure 3 : Example of typical wave features (height, period) used in an experimentation linked to the field site introduced in figure 2.



Surge

Surge forcing, i.e. controlled increase/decrease of mean water level, will be used alone or superimposed to the wave forcing. Two scenarios will be tested. A scenario C1 will correspond to an increase of the mean water level (to mimic storm surge associated to low-pressure atmospheric system). A scenario C2 to a decrease of the mean water level (to mimic MWL setdown associated to anticyclonic conditions). In both cases, the setup/down magnitude will be determined by the overall scaling of the experiments. Exact value and timing for the water level rising will be defined by the technical constraints of the experimental device. Technically, the surge can be controlled by a direct input/output of water or by the changes in the velocity of a cross-shore current superimposed to the waves. The partner will indicate precisely how the surge is driven.



3. SCENARIOS

The different scenarios required are those mentioned in the following table.

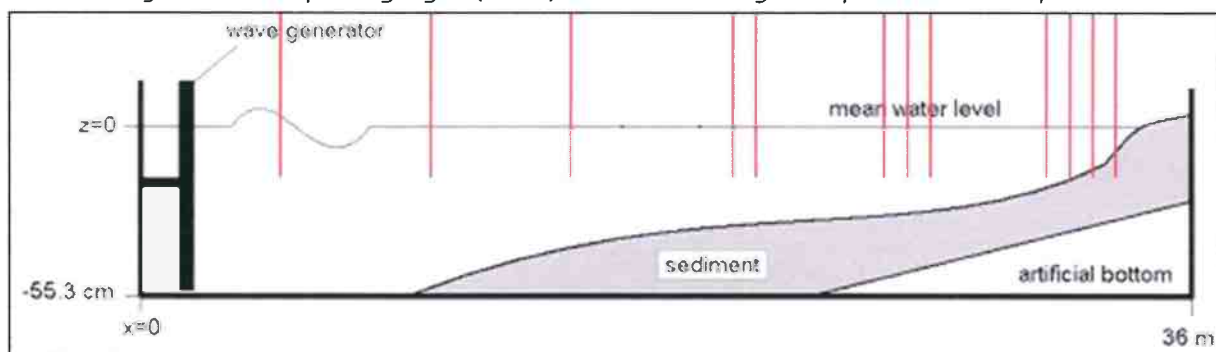
Scenario	Geotube configuration	Wave features	Surge configuration	Wind configuration	
1	Config A	W1			
2	Config A	W2			
3	Config A	W3			
4	Config A	W2	C1		
5	Config A	W2	C2		
6	Config A	W2		I1	
7	Config A	W2		I2	
8	Config B	W1			
9	Config B	W2			
10	Config B	W3			
11	Config B	W2	C1		
12	Config B	W2	C2		
13	Config B	W2		I1	
14	Config B	W2		I2	

These various scenarios will allow ATARIM and its partners to better constrain the final geotube deployment, following their previous experience of coastal defense structure in Sète (France).

4. RESULTS

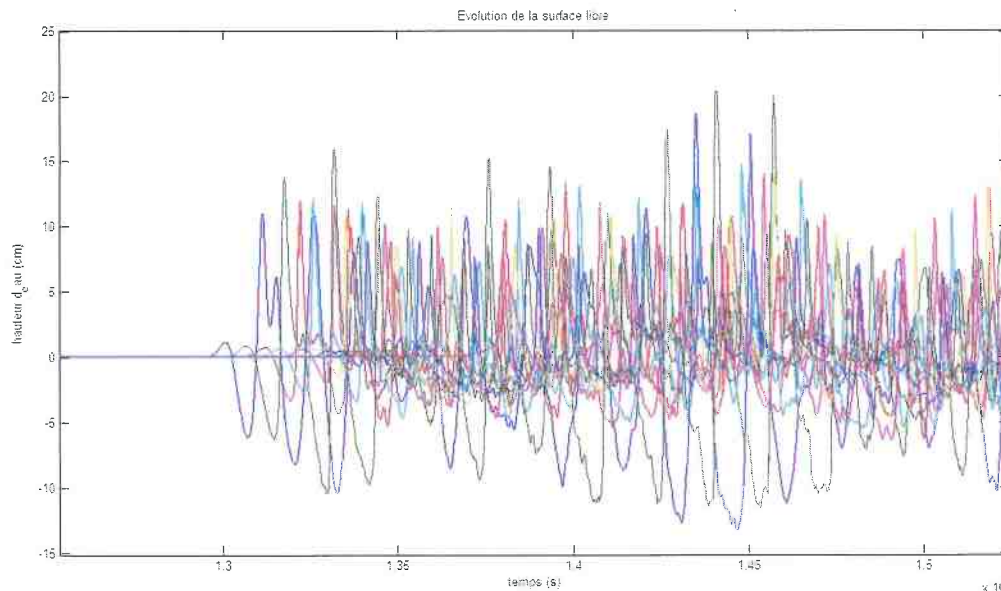
The experimentation will be based on the measurement of the water level with gauges distributed along the cross-shore profile, like in figure 4. The acquisition frequency will be at least 20 Hz. The cross-shore resolution of the instrumentation must allow a precise quantification of wave transformation and mean level wave-induced setup/down processes all along the studied area (from the shoaling to the swash zone, see Fig. 4 for a minimal configuration). An interesting optional data will be the velocity field at various points within the water column, all along the studied profile (mean currents, orbital velocities, turbulence). In the response to the call of proposal, the applicant will clearly explain what will be the facilities regarding the monitoring of wave features.

Figure 4 : Example of gauges (in red) distributed along an experimental wave profile.



The water levels (and velocity data, if any) recorded will be stored as ASCII file in columns, with a clear explanation of the time column and of the respective location of the measurement devices. The final data may look like that provided in figure 5.

Figure 5: example of water level data acquired during an experimentation. That data will be then manipulated to provide informations on waves, mean water levels, infra-gravity,...



5. DEMONSTRATION OF PHYSICAL ROBUSTNESS

One major issue of the experiments is to ensure the relevancy of the scaling for most of the involved parameters. It is clear that, due to the very gentle slope of the Ha'Tzuk beach, a geometrical distortion should be accepted between horizontal and vertical dimensions. However, a particular attention will be paid on the correct scaling for the following parameters.

The wave height

The overall scaling must allow a good representation of wave breaking dynamics, i.e. to avoid capilarity effects.

The surf similarity parameter

$$\tan \beta / \sqrt{(H_o / L_o)}$$

where H_o and L_o are the deep water wave height and length and β the beach slope. The model beach slope and wave features have to be designed to obtain a relevant surf similarity parameter for the different portions of the cross-shore profile (including the bar) in order to get a good representation of the wave transformation and the breaking regimes.

The wave steepness

The wave steepness is defined as the ratio between wave height and length H/L (or equivalently one can use the non linearity parameter ka). Respecting the surf similarity condition described above, the generated wave field must also show a realistically scaled wave steepness, which is of primary importance for wave propagation and wind drag effect.



The kh parameter

The kh parameter is the product between the wave number k and the local depth h. It controls the conditions for wave propagation.

The wind speed

It is difficult to get a perfect *a priori* scaling for the whole combination of wind-related processes. The first step is to try to preserve the wind flow regime above the wave field (laminar, separated, or fully turbulent wake) using the Reynolds number $Re = (U_{wi} - U_{wa})L / \nu$ where U_{wi} and U_{wa} are the wind and wave speed, respectively and ν the air kinematic viscosity. Values up to $Re = 1-5 \cdot 10^6$ should be reachable. The wave steepness also plays an important role in wind effects and should be conveniently scaled, as mentioned above.

The surge

Controlled increase and decrease of the mean water level will be applied to represent in the laboratory the processes observed in the field. Magnitude of the setup/down applied must be correctly scaled accounting for the global dimensions of the experimental setup and wave features.

6. FINAL RESTITUTION

The partner in charge of the experimentation will provide ATARIM and its partners with a final report including:

- ▶ a description of the experimental strategy and its precise technical features
- ▶ a description of the experimental runs really performed
- ▶ a description of the results, with calculation of wave spectrum and some general comments relative to the modeled hydrodynamics in presence of the two geotubes. No real interpretation is required. Alternatively, it is required to clearly explain how much the experimentation achieved was consistent with respect to the initial questioning. This will allow ATARIM and partners to use those results with the right level of confidence in the final steps of the design of the coastal defense structure at Ha'Tzuk beach.

MARINE ENGINEERING PLANNING SERVICES OF SUBMERGED DETACHED BREAKWATERS WITH SAND FILLED CONTAINERS AT THE FRONT OF HA'TZUK BEACH IN TEL AVIV – YAFO, ISRAEL

STAGE A : PRELIMINARY PLANNING DOCUMENTS BASED ON PHYSICAL AND NUMERICAL MODELLING – CONTRACT PHASES 2.3, 2.4, 2.5 & 2.6

PREAMBLE.....	1
1. PART 1: INTRODUCTION & KEY ISSUES.....	3
2. DESCRIPTION AND CONCLUSION OF PRELIMINARY STAGES.....	0
2.1 Physical characteristics of the placement location (acc. NOP 13 – App-3)	1
2.1.1 Ha'tzuk – Banana cliff sedimentary cell	1
2.1.2 Quantifying hydro-morpho dynamics and littoral architecture of Ha'tzuk beach	2
2.1.3 Sea levels	6
2.1.4 Nearshore and regional circulation / transport	7
2.1.5 Shoreline dynamics	7
2.1.6 Sedimentology, seabottom textures and coastal architecture	9
2.2 Environmental and socio-economic characterization	13
3. DESIGN METHODOLOGY, MODEL CALIBRATION AND VALIDATION PROCESS	19
3.1 Design methodology and calibration process	19
3.1.1 Principles	19
3.1.2 Details of strategy and calibration	20
3.2 Numerical and physical models used for the design of the project	23
3.3 Validation of the results of the marine models	27
3.4 Design results	28
3.4.1 Insights from the ZUK1 physical experimentation with rigid bottom	28
3.4.2 Insights from Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory	30
3.4.3 Insights from the 2D copter physical experimentation with moveable bed	32
3.4.4 Insights from Circulation patterns around defense structures by numerical modelling	33
3.4.5 Insights from morphodynamic modelling	35



3.4.6	Insights from engineering considerations	38
3.4.7	Insights from structural design	39
3.5	Design conclusion	44
4.	PRELIMINARY PLANNING DOCUMENT	45
4.1	Planning of the solution	45
4.2	Anticipated morphological impacts	47
4.2.1	Forecast of changes of the sand strip width (1, 3, 5 years)	47
4.2.2	Anticipated impact on processes of beach nourishment (1, 3, 5 years)	47
4.3	Engineering report	48
4.3.1	Proposed method of breakwater construction	48
4.3.2	Method and sand source	52
4.4	Drawings and plans	52
4.5	Quantity list including financial assessment regarding each section.	53
4.6	Initial proposed project schedule.	54
APPENDICES		
	Appendix 1 - Full scale drawing	

FIGURES

Figure 1 : A general overview of the northern part of Ha'Tzuk Beach and beyond (to Herzliya Marina) with a simple formulation of the questionings and constraints by ATARIM and their partners.	3
Figure 2 : Main Hydrodynamic processes and sediment transport involved in wave dominated sand beach environments.....	1
Figure 3 : Ha'Tzuk beach and surrounding area key element of context.....	2
Figure 4 : Deep water wave conditions nearby Hatzuk.....	3
Figure 5 : Distribution of wave heights and wave periods at Tel-Aviv area.....	5
Figure 6 : Winter directional distribution of wave height (cm) at deep water, Tel-Aviv area based on Ashdod/Haifa wave measurements 01/04/1992 – 31/03/2017.....	5
Figure 7: Possible circulation patterns in Ha'Tzuk beach.....	7
Figure 8: Examples of shoreline position in Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell at different epochs (figures made after material provided by ATARIM/ Unknown copyright.....	8
Figure 9 : Changes of the coastline in Ha'Tzuk beach between 2004 and 2015.....	8
Figure 10: Interpreted bathymetric map of Ha'Tzuk beach.....	10
Figure 11 : hard sea bottom of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016).....	11
Figure 12 : Granulometric and sand thickness profiles of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016).....	11
Figure 13 : Coastal profile and thickness of sand layer at Ha Tzuk beach 2016.....	12
Figure 14 : Sandy beach (south of Ha'Tzuk).....	15
Figure 15 : Beach Rocks south of the Ha'Tzuk Beach:.....	15
Figure 16 : 2-3 m depth rocky 2.5 m, flat stones and rocks covered and exposed alternately by the sediments.....	15
Figure 17 : south of Ha'Tzuk beach (area 26), beach rocks area and examples of erode shallow water rocks and colonized beach rocks.....	15
Figure 18 : Maps of sensitive coastal and marine areas in Ha'Tzuk beach (south: zone 26) and north (zone 25).....	17
Figure 19: Design strategy for the defense of Ha'Tzuk against beach erosion & beach cliff abrasion.....	21
Figure 20 : The principle of optimization applied to coastal engineering.	25
Figure 21 : Sketch of the 35 m-long, 1 m wide and 0.8 m deep experimental flume at LEGI used by GLADYS for the COPTER 2D experiment.....	26
Figure 22 : Photographs of the COPTER experiment facilities.	26
Figure 23 : Physical installation with rigid bottom – Seatech - France.....	27
Figure 24 : ZUK1 physical experimentation with rigid bottom.....	28
Figure 25 : Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT)	30
Figure 26 : Three typical best solutions dealing with the optimization (range 290 – 350 m o the shoreline) and other constraints as the occurrence of a trough in the field, as well as the presence of rocky outcrops in the seabottom locally.	31
Figure 27 : Cross section of the optimal geotube wave attenuator for Ha Tzuk Beach.....	32
Figure 28 : Photographs of the COPTER experiment facilities. (A) The flume itself, from a gate located above the wavemaker; (B) a geotube type-A in action; (C) the emerged beach at rest. The small scarp is visible in the background; (D) the motorized ultrasonic altimeter in action....	32
Figure 29 : Terminology for the main features analyzed in this report: A-type (large), B-type (small) structures, shoreline and beach scarp.....	33
Figure 30 : model extension for Ha Tzuk project.....	34
Figure 31 : Validation of hydrodynamics computed with Xbeach thanks to COPTER 2D results in the presence of a geotube (with same forcings). Setting for Xbeach was $\gamma = 0.7$, $n = 5$, $\alpha = 1$ (best calibration defined thanks to simulation with rigid bottom).	36
Figure 32 : Validation of hydrodynamics computed with Xbeach thanks to COPTER 2D results (with same forcings). Setting for Xbeach was $\gamma = 0.7$, $n = 5$, $\alpha = 1$ (best calibration defined thanks to simulation with a rigid bottom).....	36
Figure 33 : Review of the forces exerted on the structure.....	40
Figure 34 : General cross section and plan view.....	45
Figure 35 : geotube project construction sketch.....	50



PREAMBLE

The Tel Aviv – Yafo Municipality and/or "Atarim LTD", a subsidiary of the Tel Aviv – Yafo Municipality, intend to construct submerged detached breakwaters at the front of Ha'tzuk Beach based on Sand Filled Containers method. The breakwaters shall be designed to reduce the energy of waves that strike the shore and to preserve an optimal minimum coastal strip width throughout all seasons of the year.

The scope of work of stage A - feasibility study- contains 6 tasks :

1 Recommended impact area boundaries (sedimental littoral cell): *Recommendation regarding the boundaries of the area that will impact the sand movement, based on an assessment of the physical outline of the coastal strip, marine measurements survey and aerial photos from previous years and other existing wave data measured using a floats located near the city of Haifa and the city of Ashdod.*

2 Preliminary review of the littoral cell where submerged detached breakwaters with Sand Filled Containers would be constructed and preparation of an initial plan. *The review shall include wave and flow data analysis with reference to the timing defined by the planner and approved by the Ordering Party; seabed data; and data of the coastal strip's width and composition. The planner shall submit an engineering report and plans with the aforementioned details, initial recommendations regarding a proposed structure of the aforementioned breakwater and preliminary setup of the proposed breakwater on the basis of this review.*

3 Preparation of specifications of marine models for a laboratory. *The marine models are intended to determine, among other things, what is the optimal minimum coastal strip width that could be preserved throughout all seasons of the year, considering given constraints.*

4 Supervising of marine modelling by the laboratory:

5 Validation of the results of the marine models:

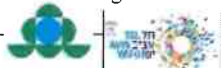
6 Submission of preliminary planning documents. *After the model validation, the planner shall submit a set of preliminary planning documents to the Ordering Party.*

This document is a contribution to the project "Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk Beach in Tel Aviv – Yafo, Israel" contracted by BRL Ingénierie with ATARIM (Tel Aviv, Israel). It is written to fulfil the tasks 4, 5 and 6 of the stage A.

This document aims at (i) summarize physical characterization of the site issued in previous report (Stage-A, tasks 1, 2 & 3), completed by some new surveys undertaken during year 2017, (ii) fix from numerical and geotechnical point of view the best shape and location of geotube, (iii) demonstrate feasibility of the geotube protection regarding objectives and sand resources, (iv) analyse of anticipated environmental impact of the project.

In addition, it aims at fulfil also the requirement fixed in NOP 13 Mediterranean Coasts – Appendix-3 that could be not covered by the previous items¹.

¹ NOP 13 Mediterranean Coasts. Change no. 9/A / Partial Detailed National Outline Plan for Protecting the Coastal Cliffs along the Mediterranean / Appendix 3: Guidelines for Preparing an Environmental Document for a Suggested Reinforcement Solution. - Planning and Construction Law, 5725-1965 – Version : March 2015.



1. PART 1: INTRODUCTION & KEY ISSUES

Along the coastal zone of Israel, in the vicinity of Tel Aviv city (precisely at its northernmost border), the sand beach of Ha'Tzuk (or Ha'tzuk) suffers a significant erosion, a moderate cliff retreat and beach submersion events during storms. Such mechanisms make vulnerable economic stakes and human activities in the area. Indeed, the over- washing of the beach has already jeopardized some restaurants and sheds in recent years; the width of the sand beach is reducing through time and so the feasibility of beach recreative activities; forth, many stakes lay on top of surrounding coastal sand dunes which could be threatened at a longer time scale in the on-going climate change perspective. In such a worrying context, the organization ATARIM in Tel Aviv has been commissioned to develop and to implement a comprehensive coastal defense strategy. The practical goals of such a strategy with its already existing constraints – provided as we learn the larger lesson – are synthesized in the figure 1.

Figure 1 : A general overview of the northern part of Ha'Tzuk Beach and beyond (to Herzlya Marina) with a simple formulation of the questionings and constraints by ATARIM and their partners.



Source: Frederic Bouchette, BRL

The objectives formulated after the point of view of ATARIM are as follows:

- ▶ Geotextile tubes – or geotubes – are large sockets made of a robust geotextile and filled up with sand taken from the local shoreface. Geotubes can be deployed and shaped in many different manners. The beach defense strategy must be based on the usage of geotubes in some way. It is mandatory in this project simply because the use of geotubes has been originally mentioned in a previous (and now voted) global strategic plan. In this document, it must be demonstrated how we can organize the most efficient defense thanks to such a material. In particular, we must highlight how we hijack the geotubes from their classical purpose and how we set them at the very centre of an optimal design approach of the questioning;
- ▶ the solution advocated for Ha'Tzuk beach has to secure a minimal width for the emerged beach. Ideally, the beach wideness would be as large as possible; a critical threshold of 40 m has been demanded by ATARIM. In this document, we keep in mind that this objective is crucial and we define a solution to reach this objective as much as possible, although a given width cannot be guaranteed if sufficient sand resources within Ha'Tzuk shoreface do not exist;
- ▶ the beach defense strategy may tentatively reduce the formation of upper beach scarps during storms (ie when severe waves coupled to high water levels occur), and thus better control the retreat of the beach cliff at longer time scales;
- ▶ the beach defense solution implemented in Ha'Tzuk may not alter the hydro- morphodynamics of the domain located down-drift (i.e. to the North) and especially the Marina in Hertzlya;
- ▶ the beach defense solution has to be thought locally within a limited alongshore segment of beach in between the administrative Tel Aviv municipal boundary to the North and a (not precisely defined) dune topographic high point to the South. The solution may not be defined at the larger scale of the supposed sedimentary cell.

To achieve the afore mentioned goals, BRLi usually combines traditional engineering and innovative approaches. In this project, we extensively use what we call optimal theory for the design of coastal defense structures following our previous successful experiences of such a R&D for the deployment of geotubes in Sète (South of France) in 2006–2008 to fight against a dramatic beach erosion. In the document, we clearly highlight how traditional engineering and innovation are intimately combined in a robust manner to ensure the best defense strategy possible.

This document presents the results of our design study of the Ha Tzuk beach and cliff defense system.

This document presents the results of our design study for Ha'Tzuk beach defense system :

First, we summarize the physical characteristics of the site environment and placement location that where studied in a separated first report delivered June 2017.

Second, after we have detailed the defense strategy based on physical experimentation and numerical modelling, we present the model calibration used to secure the design.

Third, we present the design results of the Ha Tzuk beach protection system.

2. DESCRIPTION AND CONCLUSION OF PRELIMINARY STAGES

The preliminary stages of the Ha Tzuk beach defense study mostly referred to nearshore and shoreface hydro-morphodynamics relative to microtidal wave-dominated sand beach systems which are first order characteristics of the site.

The term hydro- morphodynamics refers to the relationships between :

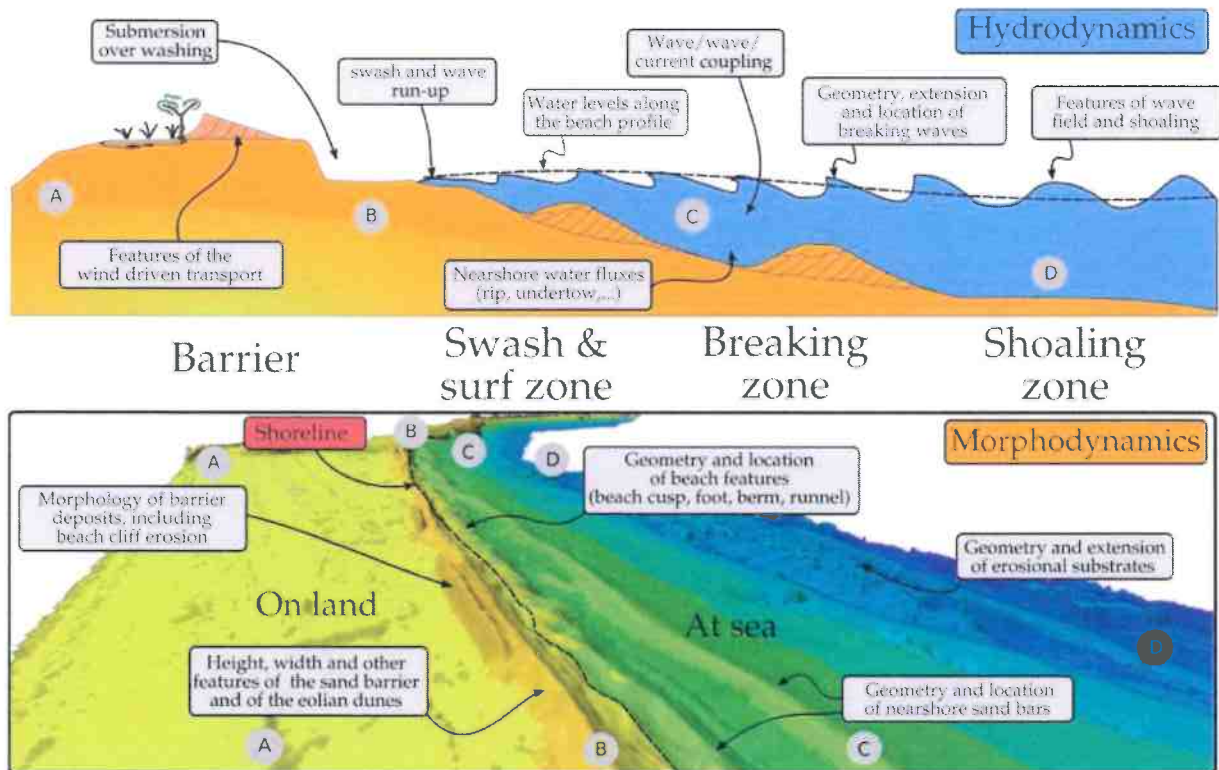
- 1) the water mass transport (velocity and water levels) forced by waves, tide, temperature and salinity (both of them controlling buoyancy) gradients, winds and atmospheric pressure,
- 2) the sediment transport and
- 3) the morphological response of the sea bottom and the emerged beach through beach erosion and accretion patterns, dynamics of sediment stocks, plan view shoreline displacements.

When the concern is a microtidal wave-dominated beach system, tide and very fine particles may not be considered as they have a subordinate influence on global dynamics. The term nearshore points out the narrow natural beach system ranging from the wave breaking zone to the swash zone where waves collapse and vanish onto the emerged beach. Alternatively, the term shoreface refers to a wider zone, extending from the top of the active profile on the emerged beach down to the closure water depth seawards, a location where the impact of waves on the sea bottom vanishes definitely. It includes the shoaling zone where waves transform as they propagate towards the coast, and where regional current may have a significant impact under certain conditions.

For research and engineering, those terms correspond to a very well defined set of hydro-sedimentary mechanisms whose characterization is of major concern for any activity in relation with coastal management & defense strategies.

In this document, we use a set of proper words in relation with nearshore and shoreface hydrodynamics which are recalled in Figure 3.

Figure 2 : Main Hydrodynamic processes and sediment transport involved in wave dominated sand beach environments



(A) : the main hydrodynamic processes involved in a wave-dominated microtidal sand beach environment. (B) the main morphodynamic processes for the same type of environment, like in Ha'Tzuk. Shoreline dynamics and dynamics of the water level to the coast directly result from the coupling of nearshore/ shoreface hydrodynamics and morphodynamics through sediment transport.

Source: Frederic Bouchette, BRLI

2.1 PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE PLACEMENT LOCATION (ACC. NOP 13 – APP-3)

2.1.1 Ha'tzuk – Banana cliff sedimentary cell

The Ha'Tzuk beach is a small (1 – 2 km long) microtidal and wave-dominated sandy system extending within the linear Israeli coastal tract whose mean shoreline orientation ranges between azimuths SSW—NNE and S—N. As it will be pointed out, in the whole region, the main deep water wave forcings are from SW to NW, which means that the hydro-morphodynamics of such a beach system may follow a South—North organization to the first order. The Figure 3 presents the Ha'Tzuk beach system and its surrounding areas.

Figure 3 : Ha'Tzuk beach and surrounding area key element of context.



The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). An isolated tombolo may alter sediment dynamics within this segment.

Source: Google-earth, F.Bouchette-BRLi, 2017

The quite regular Israeli shoreline is perturbed by various natural (small ante-Holocene rocky capes) and anthropic infrastructures. In the region of interest for this study, the main possible disruptions of the sedimentary dynamics are the harbor of Herzliya Marina (to the North with respect to Ha'Tzuk beach, extending less than 450 m seaward), the tombolo of Tel Baruch beach (to the South, extending less than 200 m seaward) and the harbor associated to the Reading Power Station (extending less than 400 m seaward). Other possible interferences of shoreface hydro-morphodynamics may result from the input of fresh water and sediments from rivers. In the area, Yarkon river has a mouth located right to the South of the Reading Power station disruption point. There are also several very subordinate outlets (rainfall drainage outlets) in between Herzliya Marine and Tel Baruch, whose effect would be negligible.

In this document, the littoral segment extending from the Herzliya Marina point to the Reading power station point (including possibly the effect of Yarkon) is termed Ha'Tzuk – Banana cliff littoral cell (approximately 5.7 km long). The zone of interest itself, where the geotubes have to be deployed will be termed Ha'Tzuk beach (1 to 1.5 km long). This must be considered as terms relative to this study, with no direct reference to any already existing cell partitioning of the Israeli coasts.

2.1.2 Quantifying hydro-morpho dynamics and littoral architecture of Ha'tzuk beach

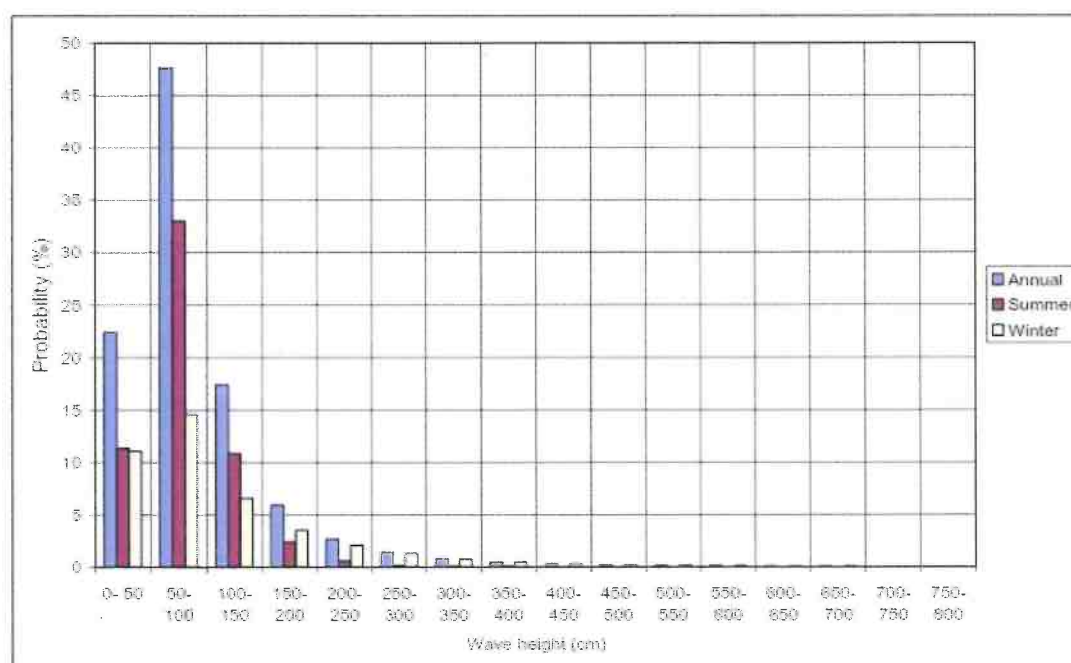
Refer to : STAGE A: STATE OF KNOWLEDGE, KEY ISSUES, STRATEGIC SOLUTION, TECHNICAL CONSTRAINTS REGARDING THE PROJECT

Relatively long in-situ wave data series exist at Ashdod and Haifa wave buoys (since 1992 and 1994 respectively). The equipments are Datawell directional wave-rider buoys and are deployed in 24 m of water depth quite far from the zone of concern. The raw data from the buoys are not free. Hopefully, the report CAMERI (2017) provides general informations on wave statistics in deep water based on 1992-2017 waves measurement).

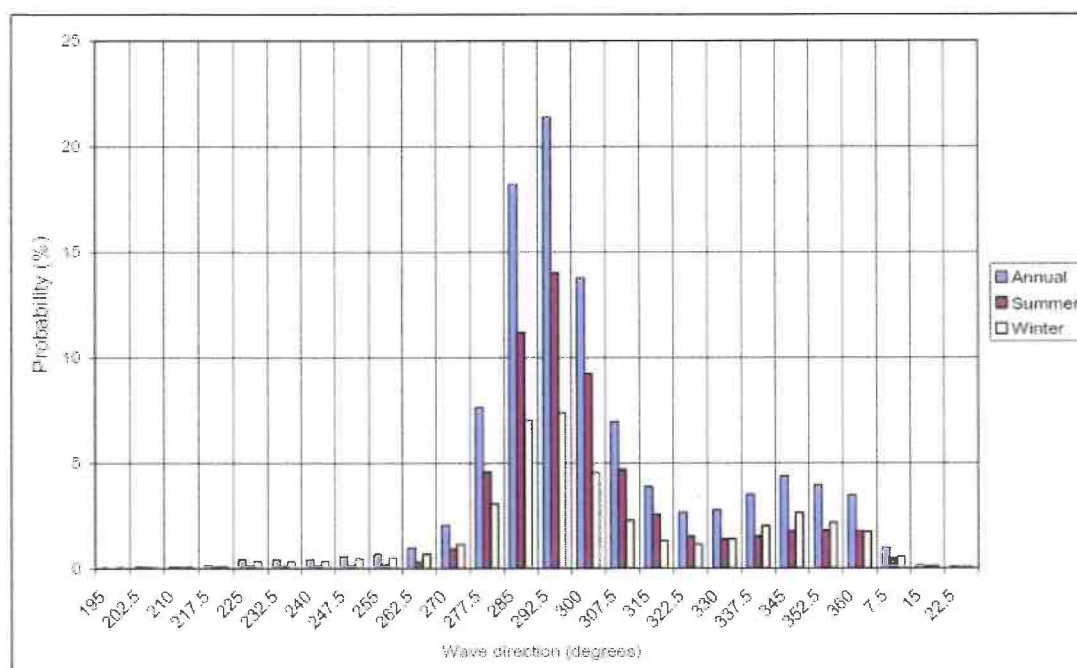
In addition this document, together with the upstream works of Perlin & Kit (1999), proposes a methodology to transfer the deep water wave statistics at the buoys towards the area of Tel Aviv (and some other places not directly located nearby the buoys).

In the Figure 4, we extract from the report CAMERI (2017) basic deep water wave features nearby Tel Aviv. That those informations are a good first order approximation of the wave climate in front of Ha'Tzuk beach and more generally in front of Ha'Tzuk—banana cliff cell.

Figure 4 : Deep water wave conditions nearby Hatzuk



Distribution of significant wave height H_{m0} in deep water conditions nearby Tel Aviv from data at Ashdod/ Haifa wave buoys (01/04/1992 – 31/03/2017) – from CAMERI 2017



Same with wave direction. Seasonal variability of the wave climate are reported thanks to the different color bars. Both diagrams are modified from CAMERI (2017).

Additionally, major storms have been identified (thanks to the extraction of the highest time averaged wave heights). The height most significant storms are reported in the following table :

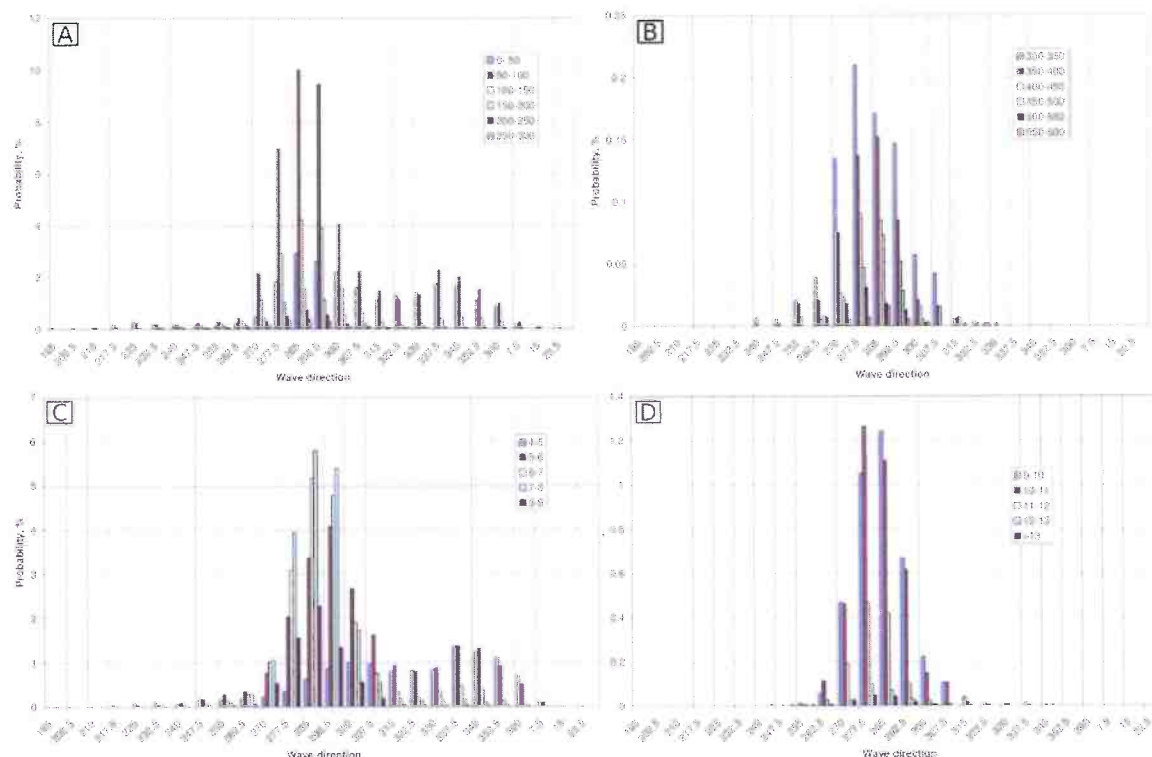
Date	Hm0	Rank
20/02/2001	699cm	4
20/12/2002	706cm	3
21/01/2007	692cm	5
29/01/2008	684cm	7
12/12/2010	686cm	6
09/01/2013	716cm	2
11/02/2015	791cm	1
27/01/2017	692cm	5

In the past 25 years, the five strongest events are typical winter storms at approximately 7 m of wave height (Hm0) (7,9 m – jan 2017) so they range within the “High Average swell” (level 7) category according to WAO Sea State Code. We assume that Hm0 has been defined as four times the root square of the variance of the distribution of the water surface elevation in the CAMERI (2013) report.

The event of 12/12/2010 with rank 6 can be considered as typical strong storm with return period of 5 years. This storm had at its peak the following integral parameters as measured by Ashdod buoy at 24m depth : Hm0=622cm, Tp=14.3s, Dir=287deg, Directional spread at peak 10.9 degrees.

From the other data (tables and diagrams) provided in CAMERI (2017), some details relative to the direction of various wave regimes (winter/ summer) may be inferred. For instance, the figure below shows how wave heights and periods distribute with respect to wave incidence.

Figure 5 : Distribution of wave heights and wave periods at Tel-Aviv area

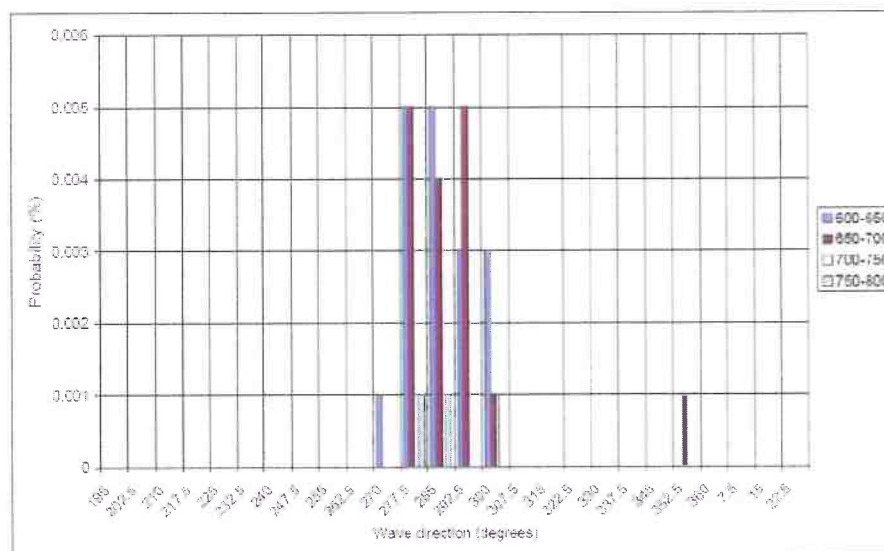


(A) Distribution of moderate wave heights depending upon wave incidence; (B) same for more severe wave heights ; (C) Distribution of moderate wave periods depending upon wave incidence; (D) same for more severe wave periods. Data are provided for the Tel Aviv area and may be accurate enough to describe first order water waves at Ha'Tzuk beach. All diagrams concern deep water wave conditions and are modified from CAMERI (2013)

Source: BRLi (2016) modified from Cameri (2013).

For the winter major storm event plotted from 1992-2017 wave data, the directional distribution of wave height is similar with those of more frequent high wave statistics :

Figure 6 : Winter directional distribution of wave height (cm) at deep water, Tel-Aviv area based on Ashdod/Haifa wave measurements 01/04/1992 - 31/03/2017



From the tables provided in CAMERI, it is also possible to say that:

- ▶ there are two families of incident waves conditions in Ha'Tzuk: a type of waves W1 coming from azimuth 280-290° (say from West to West-North-West) and a type of waves W2 coming from azimuth 345-350° (say from North-North-West to North). Regarding the orientation of Ha'Tzuk beach which is facing Mediterranean sea with a 15-20° angle with respect to the North, the relative deep water wave angle of incidence is nearby zero for the first family and of the order of 15-45° for the second family ;
- ▶ high waves and long period waves occur almost exclusively for the type of waves W1 whose incoming wave peak is from 280-290°. This means that more energetic conditions are always coming from the same direction although fair weather conditions are more scattered ;
- ▶ Wave energy in deep water in front of Ha'Tzuk – Banana cliff cell suggests a typical Mediterranean regime, with more severe events (class 7 WAO) than many other places around the Mediterranean basin. This is mainly due to the fact that Israel is facing the Mediterranean Eastern Basin, with one of the longest fetch possible in the Mediterranean context.

- ▶ Wave conditions in Ha'Tzuk beach seem to be quite simple, with two main wave regimes W1 and W2 that refer to two different sets of incident wave angles ;
- ▶ Waves under severe conditions are of type W1 mainly ;
- ▶ There may be a deep wave height threshold ETwave. at about 1.5 / 2 m
- ▶ **There is no additional need regarding wave data.** However ATARIM will provide additional RAW wave datasets. Those data will be used to calculate an accurate value of ETwave. The analysis of CAMERI 2017 will remain the more precise information regarding the quantification of mean wave regimes.

2.1.3 Sea levels

In general, the astronomical tide in the area usually varies between 0.4 m during spring tides, and 0.15 m during neap tides. However, extreme levels may occur due to extreme meteorological conditions (Stiassnie, 1987). The approximate average recurrence of extreme sea levels as provided by Stiassnie (1987) and Rosen (1998) are gathered in Table here under. The differences between these two estimates (3-4 cm) seem to be due to the different reference datum specified by the authors, i.e. MSL by Stiassnie (1987) and ILSD by Rosen (1998).

Average recurrence of extreme sea levels

Average Return Period years	Low Sea Level, m		High Sea Level, m	
	Rosen, 1998 relative to the ILSD	Stiassnie, 1987 relative to the MSL	Rosen, 1998 relative to the ILSD	Stiassnie, 1987 relative to the MSL
1	-0.38	-0.41	+0.64	+0.66
50	-0.74	-0.79	+1.08	+1.09
100	-0.87	-0.90	+1.19	+1.06

2.1.4 Nearshore and regional circulation / transport

Figure 7: Possible circulation patterns in Ha'Tzuk beach



The existing literature (sometimes with contradictory contents) and the considerations exposed herein this report determine the possible (or not) circulation patterns in the shoreface and in the nearshore zone of Ha'Tzuk beach and Ha'Tzuk – Banana cliff sedimentary cell.

- ▶ From a simple observation of the wave incident angle, the wave-driven alongshore water mass transport (2D current) in the near shore could be preferentially oriented southward under fair weather conditions and oriented in both direction under storms conditions. This information is defined excluding any other forcing but waves.
- ▶ To the regional scale, the shoreface drift is oriented northward. This drift concerns water depths greater than 7-10 m. There is no evidence to confirm or deny (too poorly documented) that such a drift may alter the near shore circulation patterns in less than 7-5 m of water depth ;
- ▶ Finally, there must exist some kind of alongshore drift within Ha'Tzuk beach, but all the informations available suggest that its time average value is low, and such an alongshore transport may not be a dramatic parameter in the design process of the coastal defense structures ;
- ▶ There may have some offshore departure of sediment after specific forcing conditions (shortly documented). As such a process may contribute to the long term erosion of the beach, it must be reported with caution ;

2.1.5 Shoreline dynamics

The existing data relative to shoreline dynamics and the obvious field observations one can make on the current emerged beach are for sure at the origin of the project of beach protection.

Bathymetrically, the shallow depths are characterized by irregular depth lines, which create a coastal profile with great variance. A depth line of 3 meters is located at a uniform distance of 240 meters from the waterline, and a very moderate average slope is received, of 1:80; a depth line of 2 meters is found at a range of 55-180 meters and an average slope of 1:30 to 1:90.

HaTsuk Beach is a coast with a slightly bending waterline, with a general direction of azimuth of 17° and a length of about 700 meters. The coastline is sandy and narrow. Its width changes in an area of 10-25 meters depending on the seasons and the coast's response to significant winter storms.

Any calculation of mean shore displacement (e.g. 5 years; from 2005 to 2009) between Herzliya and Baruch tombolo point out metric to plurimetric retreat of the shoreline to the exception of the locations nearby anthropic infrastructures. This means that the shore retreat is a clear tendency since years, and is obviously confirmed in the recent years.

The last storm observed and producing serious damages on the Ha'Tzuk Beach was in January 2015. The retreat of the waterline according to the image from May 2015 is significant and is probably a response to storms during January-March 2015 (return period of about 25 years).

Figure 8: Examples of shoreline position in Ha'Tzuk - Banana cliff sedimentary cell at different epochs (figures made after material provided by ATARIM/ Unknown copyright)



Figure 9 : Changes of the coastline in Ha'Tzuk beach between 2004 and 2015





Source: Coastal Agency, 2016

2.1.6 Sedimentology, seabottom textures and coastal architecture

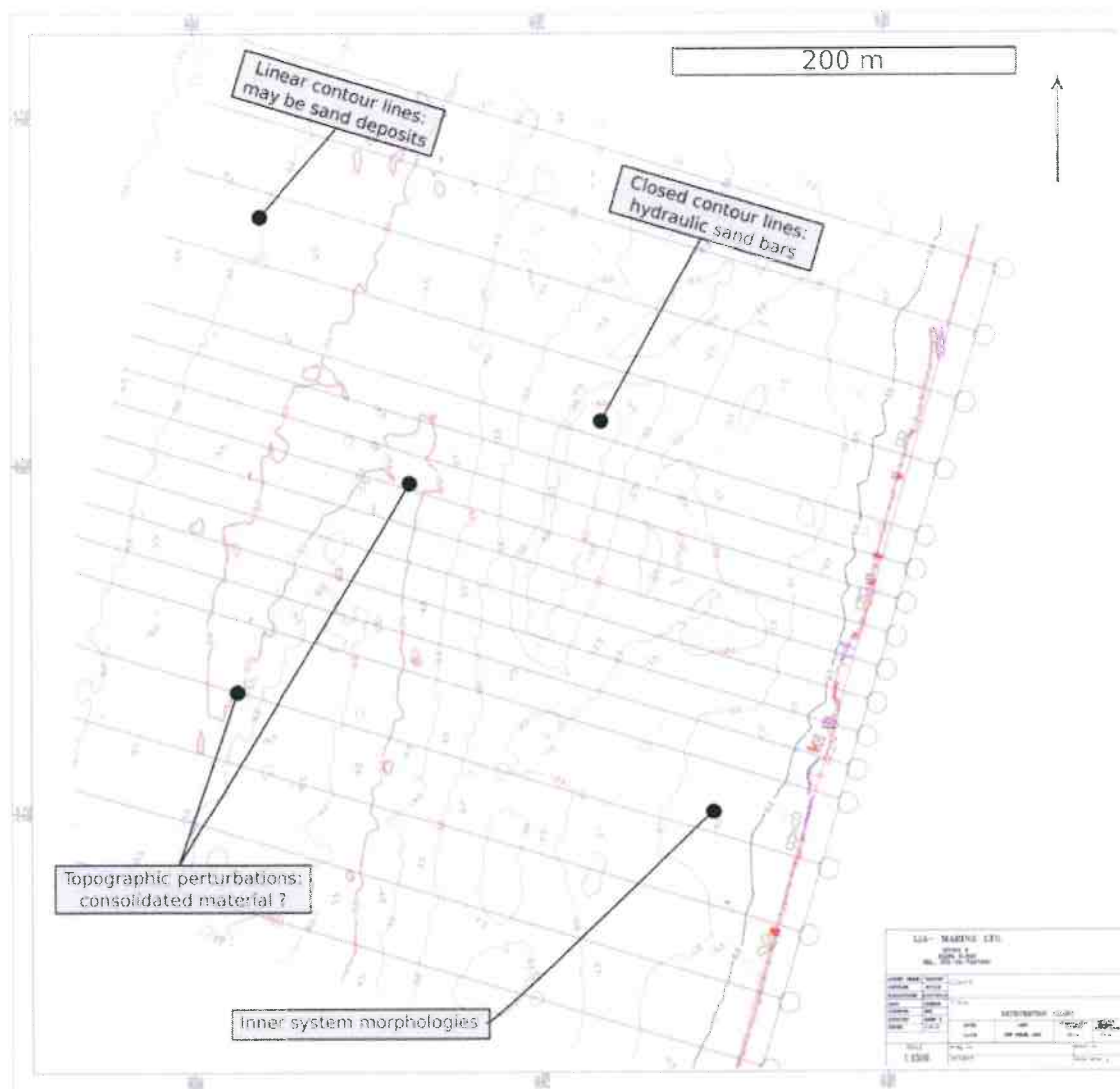
The Mediterranean coasts of Sinai and Israel are part of the Nile littoral cell. Since the building of the Aswan dams the sand supplied to Israel's coastal system is derived mainly from erosion of the Nile Delta and from sands offshore Egypt that are stirred up by storm waves. The sands are transported by longshore and offshore currents along the coasts of northern Sinai and Israel. Their volume gradually declines northward with distance from their Nile source.

The sediments that escape seaward from the longshore transport system form a 2.5- to 4-km-wide sandy apron adjacent to the shore that extends to where the water is 30–40 m deep. The apron's slope ($0.5\text{--}0.8^\circ$) is steeper than the theoretical equilibrium slope for the median grain-size diameter in this zone (0.1–0.3 mm).

The beach sands and the apron's surficial sands are well sorted. Their grain size decreases with distance from shore, from 0.2–0.3 mm nearshore to 0.11–0.16 mm by the drowned ridge. The coarse-grained fraction consists of skeletal debris (commonly 5–12% carbonate matter) and wave-milled kurkar grains (locally named zifzif). In deeper water, the basal sands underlying the fine-grained sediment cover consist of 1- to 30-cm layers whose composition ranges from silty sands to various types of sands (fine, medium, coarse, and gravelly) to zifzif.²

² Marine Sand Resources Offshore Israel / Gideon Almogor , Dan Gill & Ithamar Perath Geological Survey of Israel Ministry of National Infrastructures , Jerusalem, 95501, Israel - 1999

Figure 10: Interpreted bathymetric map of Ha'Tzuk beach.



Source: ATARIM, 2016

The beach sediment is a quasi pure sand with a d_{50} diameter approximately 180 μm in 3 m of water depth and approx 200 μm in 4 m of water depth.

The report from the coastal Agency-ETHIS-SIE (2016) refer to three areas two on the shore (beach rocks) and 1 other rocky area at sea.

Sand occurs mostly every where onto the emerged beach up to the foot of the cliff made of older consolidated sands. However, some beds of consolidated sand directly occur onto the emerged beach.

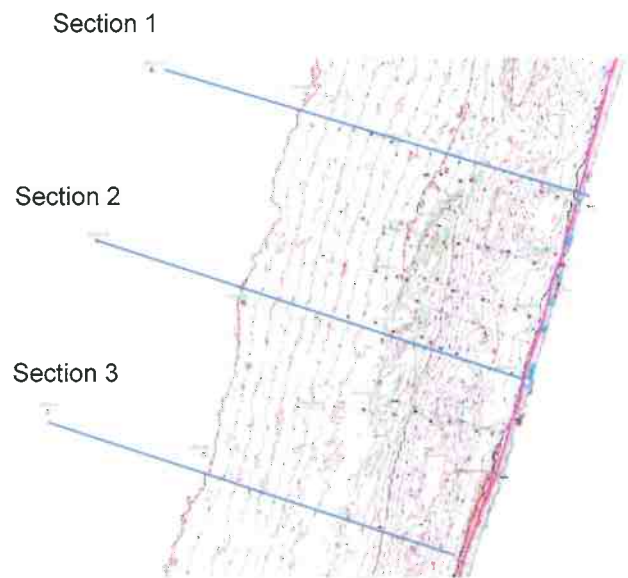
A specific survey was undertaken by ATARIM for the project in September 2016. It confirms the bathymetric contours analysis and the assumptions from coastal Agency-ETHIS-SIE (2016).

Figure 11 : hard sea bottom of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016)



Nota : Modified scale

Figure 12 : Granulometric and sand thickness profiles of Ha'Tzuk beach (sept 19th, 2016)



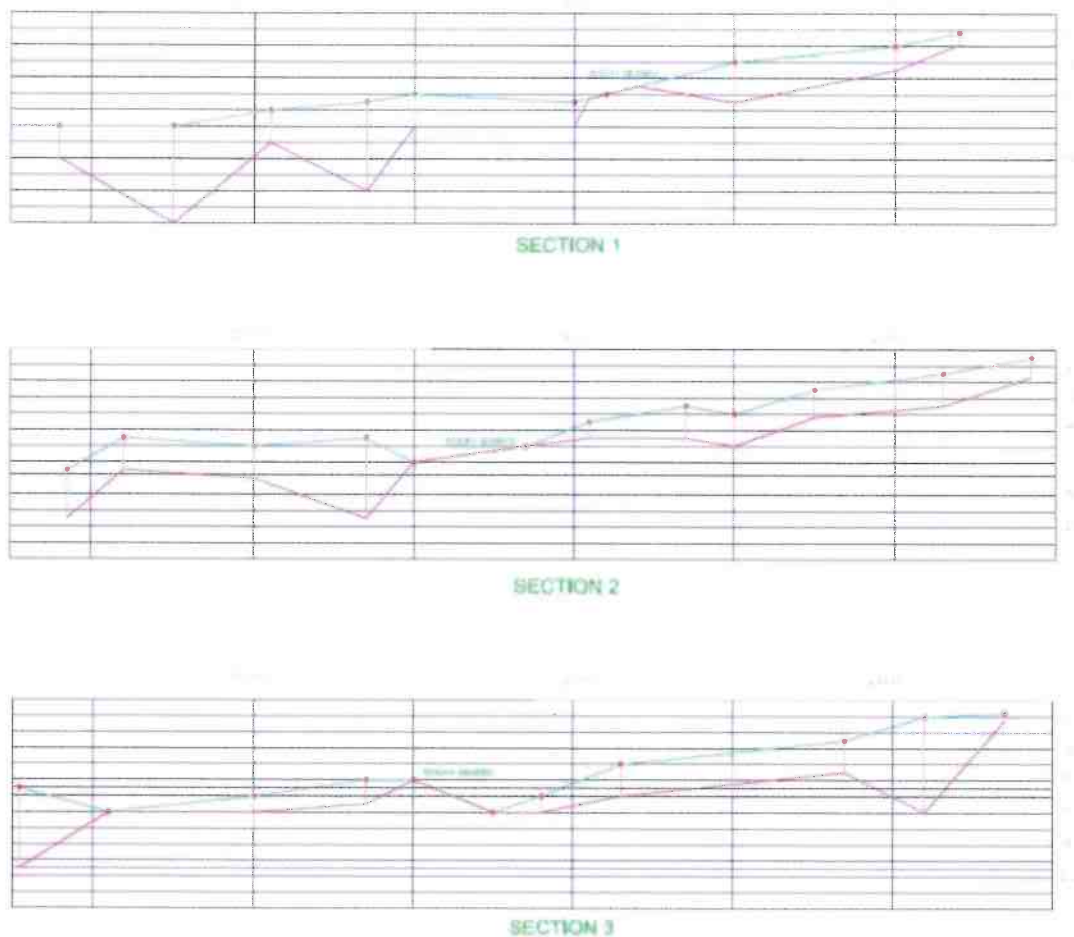


Figure 13 : Coastal profile and thickness of sand layer at Ha Tzuk beach 2016

In 3 to 5 m of water depth which is 200-300 m off the shoreline nearby Baruch, the sediment thickness by pricking (11 runs) ranges between 1.5 and several meters. If one considers this information without any other consideration, it could be said that the beach still contains a significant active stock of sand. However, the pricking tests being very localized and the regional erosional surface being possibly very irregular due to past continental erosion before the last transgression, the volume of active sand could be very limited finally.

Sand stocks exist on the continental shelf in tens of meters of water depth (Almagor et al., 2000). However, no precise information regarding the sand stock in the shoreface nearby Ha'Tzuk system has been pointed out. The nearest material with respect to this concern is a report in Hebrew (Dov Rosen, 2005) where some maps with differential sand deposit thicknesses are presented.

In short:

- The good health of the beach with respect to the existing sand stock cannot be clearly established from the existing data. There are some evidences that suggest that the beach is endangered ;

- Rocky layers are led at subsurface from 250 to 300 m far from sea shore. Depending on season, and natural sediment dynamic, the sand can overlay it with a thin thickness.

2.2 ENVIRONMENTAL AND SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION

This text is based on different national and specific documents related on Ha Tzuk beach :

- Coastal Area Management Programme Israel, 2000,
- Marine Policy Plan for Israel, 2014,
- Israel Marine Plan, 2015,
- www.touristisrael.com, www.selectisrael.com, www.bookingisrael.com, www.go-telaviv.com.
- Ha'Tsuk beach report (Municipality of Tel Aviv, Mediterranean Coastal Cliffs Preservation Government Company Ltd-Ethos-Pro-SIE), 2016.

The main issues related to the project are highlighted here after.

Tel Aviv area and Ha'Tzuk Beach infrastructures and uses...

Ha'Tzuk beach has been artificialized by human activity and transformation of the cliffs. The site has poor trace of the natural cliff, which was destroyed during and after the erection of the Mandarin Hotel in the 1970s.

The coastal strip is narrow, between 8-30 meters.

Drainage outflows are installed within the rockeries and at various points of the beach. They are only providing little streams during rain falls. Ha Yarkon outlet is far from this shore.

Ha'Tzuk is known for being one of the Tel Aviv area quietest and cleanest beaches. It features various infrastructures for leisure, sports and restauration (pubs and restaurants).

It is also known as one of Israeli surf spots and a surfing school is established on the beach. The southern part of the beach is frequently used by sport fishermen from the shore (lines, speer guns,...).

No information is reported regarding the number of tourists and seasonality even though the beach is full in summer and at Israeli holidays.

Environment situation and sensitivity of Ha'Tzuk Beach

The environment in Ha'Tzuk beach has been artificialized by human activity and by transformation of the cliffs into a parking and promenade or hotel infrastructure. The main conclusions of field studies developed under the supervision of the Israel Cliff Agency conclude in 2016 that:

- The promenade is not highly aesthetic and is not of high value,

- ▶ The terrestrial area of the upper cliffs, modified since the seventies, produced new landscape, rockery and infrastructures partly established through excavation of the beach rocks of the site. North of these infrastructure remains a small portion of natural cliff of interest to preserve. The bathing activity below this cliff, keeps the sensitivity of the area medium to low since poor flora and fauna is observed on the beach. On the contrary, from the southern part of the Ha'Tzuk beach to Tel Baruch, natural cliffs and natural habitats remain both on the upper cliffs and on beach rocks, explaining the definition of high sensitivity for this area.
- ▶ The marine part of Ha'tsuk beach has been also affected by excavation of beach rocks and human bathing leading to the following classification:
 - for beach rocks:
 - the north of the beach is defined as of medium environmental sensitivity/value,
 - the south part of the beach and its beach rocks are considered of high sensitivity/value partly due to their continuity and their biological colonisation
 - for sandy area around 2 m depth, the sandy erosion of the rocks limit the colonisation and the north beach is considered to have a medium level regarding environmental sensitivity
 - For sandy area at the shore or at 1 m depth, the sensitivity is estimated low due to poor biodiversity of Flora/fauna and endangered species.
 - Outside our zone of interest, at depth of 6 m, some rocky areas could be found and are well colonized. They are considered of interest in terms of ecological value.
 - 3 small zones are considered of environmental sensitiveness within the boundaries of the study and this sandy area: 2 at the shore made of beach rocks (one area in the north, one area in the south) and 1 area of bank/spur in the marine south area around 2 m depth.
- ▶ The beach presents at its north and south locations some sensitive archaeological areas according to Israel Antiquities Authority

Focus on marine ecology and sensitivity

An ecological survey was conducted at the coasts of northern Tel-Aviv for the purpose of characterizing the fauna in the sandy habitat. Samples were taken:

- ▶ With standard protocol: The samples were taken by a box-corer at an area of 176 square cm and at a depth of about 10 cm, filtered by a sifter of 500 μ , preserved in alcohol 70% and defined at the laboratory
- ▶ In three sites: the Tel Baruch beach, Ha'Tzuk Beach, and Ha'Tzuk Beach North (south of the separate beach) (diagram 2.1.5-1).
- ▶ The location of the samples was determined in coordination with the ecological consultant of the Mediterranean Coastal Cliffs Preservation Government Company.
- ▶ In each site, samples were taken on one point in a site which characterizes :the tidal area (at the waterline during the sampling): crabs *Talitrus saltator*, *Talitridae*, *Amphopoda* and the isopod *Cirolanidae*, *Isopoda Eurydice* sp.
- ▶ at the sub-tidal area, at a depth of about 1 meter: crabs *Pontoporeiidae*, *Amphipoda Bathyporeia guilliamsoniana*, the snail *Nassarius gibbosulus*, *Nassariidae*, and a section of an unidentified *Polychaete* worm
- ▶ In addition, samples were taken at Ha'TzukHa'tzuk Beach on 03/05/2016 in two sites at a depth of 2 meters and north and south (sandy beds): *Amphipoda* and *Harpacticoida*, as well as hermit crab, *Diogenes pugilator*. *Polychaete* worms were also found of the families *Spionidae* and *Nephtyidae*, the snail *Nassarius gibbosulus*, and the bivalve molluc *Donax venustum*, *Donacidae*.

Figure 14 : Sandy beach (south of Ha'Tzuk)



Figure 15 : Beach Rocks south of the Ha'Tzuk Beach:



Figure 16 : 2-3 m depth rocky 2.5 m, flat stones and rocks covered and exposed alternately by the sediments



Source: Coastal Agency, 2016

Figure 17 : south of Ha'Tzuk beach (area 26), beach rocks area and examples of erode shallow water rocks and colonized beach rocks



Source: Coastal Agency, 2016

The study conclusion is presented in the table bellow.

Table 1 : Sensitivity of marine habitats in the Ha'Tzuk beach close marine area

Habitats	Comments	Sensitivity (according to Cliff Agency study, 2016)
Sandy beach	The sandy beach in each zoning area examined is very breached, both in the tidal area and at a depth of 1 meter. Tests performed on the tidal belt and at a depth of 1 meters showed that the fauna inside the bed is relatively poor – compared with open, non-breached sandy	Low ecological value/sensitivity.

Habitats	Comments	Sensitivity (according to Cliff Agency study, 2016)
	beaches. It seems that the main reason for the diminution of animals in the bed is the intense human activity on the beach and in the shallow waters. The tidal and sub-tidal belts in a sandy bed within the zoning areas, is classified as having low ecological value/sensitivity.	
Sandy substrate at 2-3 m	"marine habitats at a depth of 2-3 meters and more probably similar to other coasts in Israel"	Low to medium ecological value/sensitivity".
Beach rocks	<p>Beach rocks identified at the south of the Ha'Tzuk beach, are exposed to seasonal environmental influences and radical changes in living conditions (Rilov and Guy-Haim, 2013). They are sometimes buried under a layer of sediment which erodes and suffocates the fauna on the rocks. In other seasons, during ebb times, extensive parts of the rocks are exposed to air and drastic changes in temperature and salinity, and many of the organisms on the rocks do not survive.</p> <p>It seems that the beach rocks on and around Ha'Tzuk Beach, are even more exposed to the influences of sediments than on other coasts. On the east-South part, some elevated beach rocks are most of the year out of the water. This belt is mostly populated with a coating of blue-green algae, which paint the rocks black and in some seasons with green algae of the genus <i>Ulva spp.</i> and <i>Enteromorpha spp.</i> and some <i>Gracilaria sp.</i> in spring or <i>Nemalion helminthoides</i>. The green algae grow quickly but are sensitive to dehydration. Therefore, they mostly characterize short-term habitats.</p> <p>Poor evidence of snails or molluscs are showed in the north area while in the south of the beach (zone 26), the population of the beach rocks below 40 cm depth may be rich and diverse especially, but it is usually less diverse than that of the abrasion tables (Rilov and Guy-Haim, 2013). The beach rocks at the sub-tidal area above 40 cm are affected by the motion of the sand moved by the waves. Among others, the common species on the rocks are <i>Actinia equina</i> and <i>Bunadactis gammacea</i> and the crab <i>Eriphia verrucosa</i> and some small fishes.</p>	<p>Medium ecological value/sensitivity in the north of Ha'Tsuk (section 25)</p> <p>High ecological value in the south (section 26) due to the continuity with the southern ecosystems and despite the extreme changes they are exposed to (and perhaps because of them).</p>

Outside the relevant area of the study at sea, westwards at depth of 6 m and more, some rocks are not exposed to the sediment activities, and are covered in a rich coating of organisms: sponges, Hydrozoan, Bryozoan, Ascidiacea and many others

In terms of fishes, a survey was done in March-May 2016. The prominent fish between the beach rocks in the shallow waters were: *Dicentrarchus punctatus*, *Siganus rivulatus*, *Siganus luridus*, *Silago sihama*, *Diplodus cervinus*, *Diplodus sargus*, *Lithognathus marmyrus*, as well as *Blenniidae* and *Mugilidae*. No protected species were encountered and the sensitivity is considered low.

Figure 18 : Maps of sensitive coastal and marine areas in Ha'Tzuk beach (south: zone 26) and north (zone 25)



Source: Coastal Agency, 2016

The mapping of the habitats shows a general sandy beach with three sensitive areas corresponding to the two coastal beach rock habitats (south and north) and one shallow water area farther west in the sea under 2-3 m depth.

This identification of sensitive habitat is consistent with a specific constrain listed in the Guidelines for Preparing an Environmental Document for a Suggested Reinforcement Solution³ :

³ NOP 13 Mediterranean Coasts, Change no. 9/A / Partial Detailed National Outline Plan for Protecting the Coastal Cliffs along the Mediterranean / Guidelines for Preparing an Environmental Document for a Suggested Reinforcement Solution

Environmental aspects for examination and reference

Avoid placing the geotube on rocky beds.

Map the areas of the rock bed near the placement area.

- ⇒ These specific aspects are integrated in the design and the planning of the project : the rocky areas will be avoided during planning.

3. DESIGN METHODOLOGY, MODEL CALIBRATION AND VALIDATION PROCESS

3.1 DESIGN METHODOLOGY AND CALIBRATION PROCESS

3.1.1 Principles

Planning the management of Tel Aviv beaches with a traditional engineering approach, while the ambition is to solve in the same time the questions of wave impact to the shore, of beach erosion and of a possible wave-driven submersion, is not consistent. This project requires a multifarious engineering approach.

Since the beginning of the Ha Tzuk project, BRLi has advocated for a strategy embedding several approaches : experimentation, numerical simulation, expert judgment, optimal design. None of these approaches is supposed to provide THE solution to the problem posed. They could have even provided opposite solutions. Sticked together, those works delineate some GOOD solutions that have good chances to be much more efficient than traditional ones with jetties, groins and so on, or even geotubes deployed in a classical way at the beach top or seaward the nearshore system. This multifarious strategy is by far the best attitude in a problem of R&D such as the one posed by ATARIM for the Ha Tzuk beach protection. In brief, we ambition to answer to the problem GLOBALLY. This supposes that the audience accepts two things :

(i) one approach cannot provide a BEST solution alone. In other words, the efficiency of the "optimal" solution with respect to a given approach can be limited (which means, not optimal);

(ii) BRLi and its associated expert F. Bouchette from University of Montpellier has a good former experience for deploying geotubes in the nearshore, and our current feed back on our works on that matter is pretty good. This project relies also on the fact that our method is accepted.

We do not ambition to "solve" the problem in the framework of limited engineering hypotheses. In such a case, our work would have been much more easier, but we wouldn't have solved anything but a coastal engineering exercise. This latter posture, based on a very narrow goal (tentatively mimic the real world with numerical modeling or experimentation) led in the past to very poor coastal management strategies, as testified by the history of coastal management practices worldwide.

As a consequence, we based the question of the defense of the Ha'Tzuk beach against erosion and coastal hazards on the combination of two points of view :

- ▶ we use traditional engineering, which is an association of field works, physical experimentation and numerical modelling to understand the behavior of the system and the consequences (pro & cons) of the deployment of the coastal defense structures foreseen;
- ▶ we use innovative R&D methods, mainly optimal theory applied to the design of coastal defense structures itself, to counterbalance the fact that traditional methods are not sufficiently constrained in most engineering works (due to a lack of precise informations mainly, and also because the natural processes and couplings involved in the mechanisms at the origin of the erosion cannot be decently and honestly modeled in a purely deterministic way).
- ▶ we implement solutions that could be said to derive from soft engineering or environmental reverse engineering strategies; we operate doing things that help the beach system to evolve "naturally" toward another behavior; as often as possible, we try to not fight against Nature but cooperate with.
- ▶ The final design is linked with local site geotechnical specificity and civil engineering approach.

The relevance of our multifarious strategy was largely debated during the previous meetings in Israel and France, involving all the partners and authorities of the project. It was clearly decided that this strategy would conduct the project.

It is worth recalling that :

- (i) the approach implemented for the Ha Tzuk project by BRLi with the assistance of Mr Bouchette of the University of Montpellier II is the one implemented by these same actors (BRLi-UM) for the successful operation of the Lido of Sète, whose transposition on the Tel Aviv coast is the very essence of the present mission ;
- (ii) the success of the operation of the Lido de Sète wave attenuators is validated by 7 years of independent analysis by BRGM (French Geological Survey) ;
- (iii) the tools and the strategy implemented for the Ha Tzuk project by BRLi with the assistance of Mr. Bouchette of the University of Montpellier are the same as those implemented for the pilot operation of the Lido de Sète ;
- (iv) it is with this experience and this significant successful reference that BRLi-UM established the study program for Tel Aviv.

3.1.2 Details of strategy and calibration

The figure bellow presents a full and self-content description of the strategy undertaken for the project.

2. estimate the efficiency of the geotubes with respect to various targets (erosion, submersion, natural nourishment of the beach, general health of the beach);
3. check that a solution based on geotubes has a negligible impact on the regional circulation, especially downstream ;
4. quantify the alteration of currents and waves nearby the geotubes and the possible subsequent scouring around geotubes;

To adress the question, it is then necessary to run the following numerical activities :

- The **Optimal Shape Design** of the geotextile tubes with a home-made automatic optimizer is dedicated to the **topic (1) exclusively**. It is developed at the University of Montpellier since a few years, which has already been at the origin of very interesting developments in coastal protection strategies along the Northern Mediterranean shorelines. The recommended solutions will be then confronted with engineering, environmental and cost constraints point (5).
- The **hydrodynamic numerical modeling** is dedicated to **topics (3) and (4)** mostly. It is based on performing numerical simulations with an adapted numerical model (**SHORECIRC**, an open-source software continuously developed at CACR since the 90' and based on robust and clearly exposed physical hypotheses). The input wave induced forcing is computed using an adapted version of **REF-DIF** wich compute the water wave propagation and the transformation of a forward scattered wave field along an irregular mild slope.
- The **Xbeach** numerical modeling dedicated to nearshore hydro-morphodynamics (Xbeach) brings informations relative to the **point (3)** in the list above. It aims at performing a numerical analysis of morphodynamics on the whole Hatzuk beach in presence of a virtual geotube.

Regarding the aim of the project, the site characteristics, the available data and the modelling strategy, it is necessary to secure a few information⁴ from **experimental tests as major part of the calibration process** :

1. Transfer coefficient on top of geotubes (validation of optimal design by classical engineering)
 2. Local scour around geotubes (for internal design of geotubes scour apron)⁵...
 3. Morphological patterns in response to geotubes deployment, including local scour around geotubes (for global shoreline tendencies)
- The **ZUK1 physical experimentation** with rigid bed provide informations mostly about the **topics (1), (2) and (4)** in the list above. It gives information on transfer coefficients depending upon different geotube shapes, locations et natural conditions. It also gives information on local current distribution around geotube as constraints for scour apron design.
 - The **COPTER 2D** physical experimentation with moveable bed provides informations mostly about the **topic (4)** in the list above. The analysis of this morphological experiment is linked with some results from best geotubes shape design.

As a conclusion, the calibration process aims :

- to make cross approaches by independent methods
- where necessary and possible to define the calculation coefficients or parameters by experimentation and in situ measurements rather than by general literature values

⁴ Parameters, results that cannot be found by numerical modelling

⁵ If and only if the geotube is underlaid on sandy bottom. it is not necessary if geotubes is installed on rocky layers or for fine sand thickness.

- document hypotheses and methods through appropriate scientific literature

For the project, the calibration was done as follows :

- Use of measured wave data statistics based on more than 20 years long time series (conform to NOP 13)
- Use of real and up to date bathymetric data ((conform to NOP 13)
- Calibrate design and modelling parameters by physical modelling on rigid bottom
- Calibrate design and modelling parameters by physical modelling on moveable bottom
- Calibrate design and modelling parameters by return of experience of geotube wave attenuator Sete project, as designed by BRLi with the same designing team, approach and tools.

A part of the design parameters used for the design were defined by physical and/or numerical modelling means. Each of this means is linked with the others and allow crossed check of results (calibration and validation processes). When necessary, the analysis of crossed results is presented in each of expertise given as annexe of the present document.

3.2 NUMERICAL AND PHYSICAL MODELS USED FOR THE DESIGN OF THE PROJECT

SHORECIRC for nearshore circulation modelling

SHORECIRC is a so-called quasi-3D hydrodynamic model that computes the nearshore circulation on a rectangular grid (alternatively curvilinear, not used here), under the combined action of wind and waves. It was developed by the University of Delaware in the framework of the Nearcom project (Shi et al., 2003). Now, several modified versions can be found (Svendsen et al., 2004a; Shi et al., 2004), including the one developed at University Montpellier II (Bujan, 2009), which can deal accurately with irregular shoreline, emerged structures, Coriolis forces and Neumann boundary conditions in addition to its classical features.

To run SHORECIRC, a wave field on the whole simulation grid is required. It can be imported from any wave propagation tool that can compute monochromatic/polychromatic/spectral waves and provides wave forcing (like REF-DIF for instance since non spectral waves are considered). Nonlinear wave interactions, including generation of infra-gravity waves, are simulated in a classic manner (Van Dongeren and Svendsen, 2000). Like many other nearshore circulation tools, SHORECIRC solves Euler equations integrated over the water column and over the period of a monochromatic wave, assuming first that the total velocity U is splitted in :

$$U = U_{circ} + U_{orb} + U_{turb}$$

where U_{circ} refers to a large scale and low frequency motion of the fluid (typically driven by wind), U_{turb} is the turbulent motion (the small scale phenomena that may not be considered at nearshore scale) and U_{orb} refers to the motion of the fluid driven by waves (which varies over depth in general).

Finally, SHORECIRC provides information over the mean water surface and U_{circ} which is our concern in this report.

REF-DIF for wave propagation modelling

In the study presented here, the water wave propagation and the transformation of a forward scattered wave field along an irregular mild slope is computed using an adapted version of REF-DIF (Kirby and Dalrymple, 1983). Basically, the governing equation is a combination of the Berkhoff's equation (Berkhoff, 1972; Radder, 1979; Booij, 1981) and the diffraction equation on a plane bottom (Mei, 1989), numerically solved by an implicit finite difference method (Kirby and Dalrymple, 1994, 1995). It takes into account both refraction and diffraction phenomena, wave attenuation through various mechanisms including that described by Phillips (1977b) and Dean and Dalrymple (1984). REF-DIF does not manage wave reflexion nor process-based wave breaking over sand bars. However, the software takes into account wave breaking through a semi-empirical approach (Dally, 1985; Kirby and Dalrymple, 1986). REF-DIF includes some improvements of a dispersion equation for shallow water and effects of superimposed current (Hedges, 1976). REF-DIF has been efficiently validated in various configurations (van Dongeren et al., 1994; Svendsen et al., 1997; Chawla and Kirby, 1998; Svendsen et al., 2002, 2004b). Moreover, it belongs to the Berkhoff inherited models that have been already used for the design of defence structures (Zanuttigh and Ceccherelli, 2005).

Xbeach Kingsday for morphodynamic modelling

The model includes the hydrodynamic processes of short wave transformation (refraction, shoaling and breaking), long wave (infragravity wave) transformation (generation, propagation and dissipation), wave-induced setup and unsteady currents, as well as overwash and inundation. The morphodynamic processes include bed load and suspended sediment transport, dune face avalanching, bed update and breaching. Effects of vegetation and of hard structures have been included. The model has been validated with a series of analytical, laboratory and field test cases using a standard set of parameter settings. XBeach has two modes: a hydrostatic and a non-hydrostatic mode. In the hydrostatic mode, the short wave amplitude variation is solved separately from the long waves, currents and morphological changes. This saves considerable computational time, with the expense that the phase of the short waves is not simulated. A more complete model is the non-hydrostatic model which solves all processes including short wave motions, but with more computational demand. The physics of Xbeach is fully described in Deltares (2017).

Nearshore Optimal Theory

This section describes the Nearshore Optimal Theory, a methodology to apply optimization in coastal dynamics, typically in Hatzuk beach. It is presented how the hydrodynamic model REF-DIF (Kirby and Dalrymple, 1983a) and our shape optimizer (Is'ebe et al., 2008c, 2014, 2008a, 2005a,b, 2006a,b, 2005e,d,c,f, 2008b, 2005a) form the basis of a coastal shape optimizer adapted for the determination of the best geotube solution in Hatzuk. A comprehensive presentation of the fundamentals of optimization can be found in Ivorra (2006).

The optimization of coastal defence structures refers to the minimization of the impact of wave and currents either on the seabottom or on artificial structures in the nearshore zone. A general shape optimization problem applied to coastal engineering is summarized in figure below.

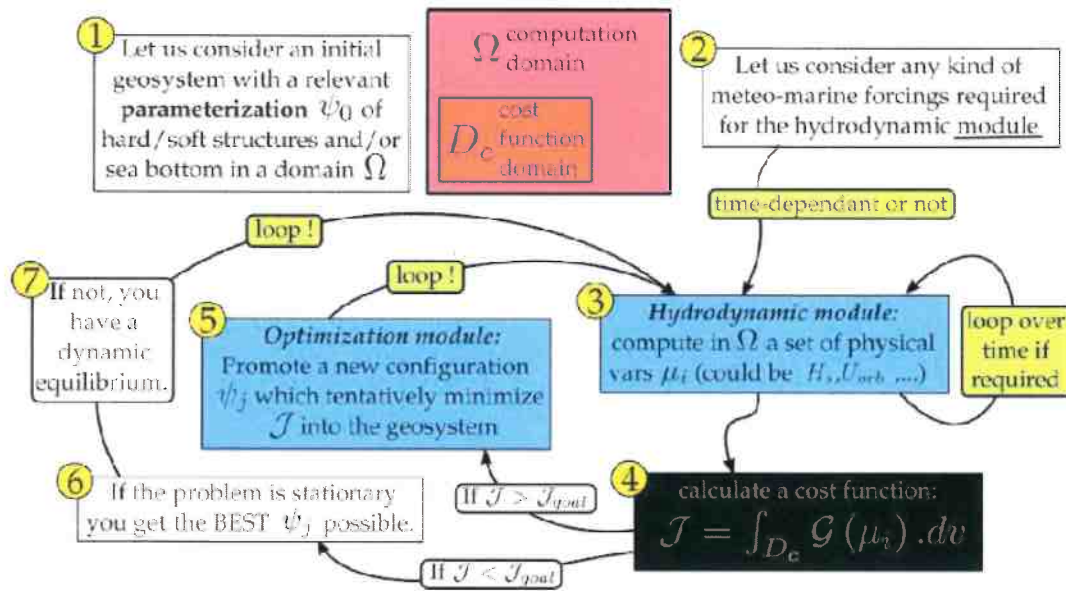


Figure 20 : The principle of optimization applied to coastal engineering.

The modelled domain Ω corresponds to a nearshore zone from the emerged beach to the shoreface in 20 m of water modelled by a rectangular. The search domain indicates the part of the modelled domain where seabottom and artificial structures may change in shape during the optimization process to reach their best position. In hatzuk, we assume that the search domain is the whole modelled domain Ω . If it wouldn't be, coastal defense structures may not occur outside the search domain. Hydrodynamics forced by winds and waves are computed on the whole modelled domain Ω . The cost function J as defined in the previous section is the most important concept of the optimization process. It refers to an equation that gives the state of the search domain for specific forcings. This state uses to be representative of the impact of the forcings on some hydrodynamic parametres (orbital velocity, wave height, wave orbital velocity, wave energy, or any combination of other hydrodynamic parametres) that have to be minimized or maximized. The state given by this cost function is computed in the cost function domain D_c , usually distinct from the search domain. For our application, the domain D_c is defined from the shoaling zone to the inner surf zone. The sub-domain where swash processes dominate is excluded (REF-DIF is not relevant for that physics, and the swash dynamics control more the short term shoreline processes than the long-term sand stock evolution).

COPTER 2D - Physical experiment with mobile bottom - Generic geotube morphodynamic effects reanalysis for Ha Tzuk geotube Project

The COPTER 2D experiment is performed with facilities located at the LEGI (France). The equipment used consists of a wave flume equipped with a wave maker, a mobile sea bottom made of artificial particles set on a mild slope hard beach, a set of 20 capacitive gages to monitor waves and a ultrasonic gage plus laser beam on rails to quantify morphodynamics. The experiment concerns a typical dissipative sand beach profile from the shoaling zone to the emerged beach.

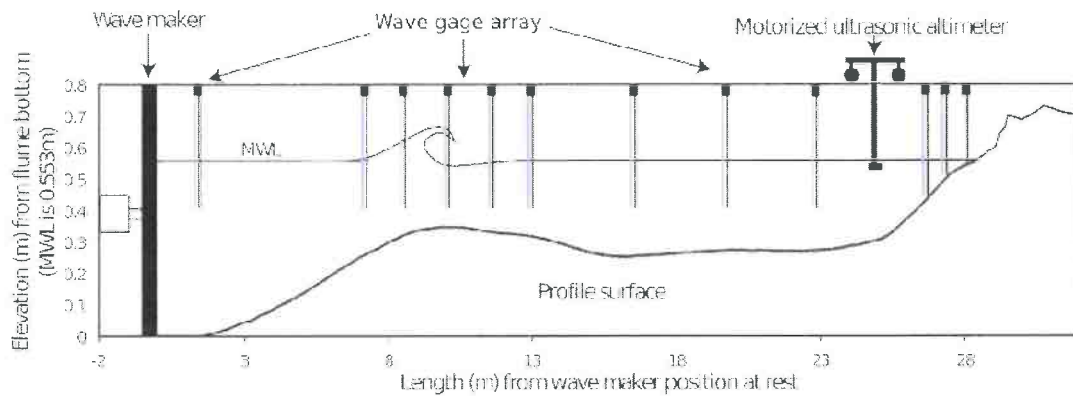


Figure 21 : Sketch of the 35 m-long, 1 m wide and 0.8 m deep experimental flume at LEGI used by GLADYS for the COPTER 2D experiment.

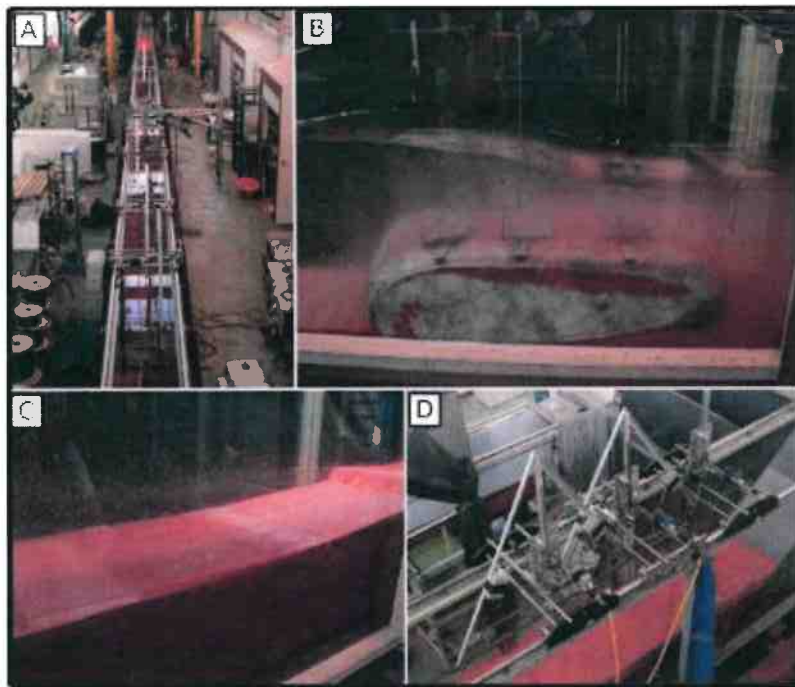


Figure 22 : Photographs of the COPTER experiment facilities.

(A) The flume itself, from a gate located above the wavemaker; (B) a geotube type-A in action; (C) the emerged beach at rest. The small scarp is visible in the background; (D) the motorized ultrasonic altimeter in action.

ZUK 1 Physical experimentation with rigid bottom

The ZUK1 experiment is performed with facilities located at SEATECH (Toulon - France), where members of the GLADYS network are hosted. The equipment used consists of a wave flume equipped with a wave maker, a rigid (plastic) sea bottom that mimics a mild slope hard beach, a set of 18 capacitive gages to monitor waves and several Vectrinos (devices that measure the 3D component of the instantaneous velocity at one point in the water column). The experiment concerns a typical dissipative sand beach profile from the shoaling zone to the emerged beach.



Figure 23 : Physical installation with rigid bottom - Seatech - France

3.3 VALIDATION OF THE RESULTS OF THE MARINE MODELS

A procedure of model results validation shall be initiated since the beginning of the project as BRLi has had meetings to explain BRL methodology for geotube planning. The marine model were also inspected by supervising entities (internal and Ministry).

The detail of validation period is given here under :

Validation process dates	Validation step	Validation stages with the Ministry of Environment	ATARIM internal validation by independent consultant Pr E. Kit
April 2017	Initial meetings to explain BRL methodology for geotube planning	X	X
June 2017	Physical characteristics of the placement location report review		X
Nov 2017	Ministry inspection of modelling activities	X	
July 2018	Modelling activities result review		X

Each step was documented, and each conclusion was taken into account within the design process.

As a quality insurance mean, internal crossed validations as described by the calibration process, were made by BRLi with respect to Sète wave attenuator project studies, results and monitoring.

Based on this validations stages and results, BRLi, as planner of the project, has taken all its responsibilities and is able to propose the following design result and preliminary planning document.

3.4 DESIGN RESULTS

3.4.1 Insights from the ZUK1 physical experimentation with rigid bottom

Refer to separate document : *BRL Ingenierie, 2017. Coastal defence strategy along hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Insights from the ZUK1 physical experimentation with rigid seabottom and monochromatic waves. Report 17-6, BRL Ingenierie.*



Figure 24 : ZUK1 physical experimentation with rigid bottom

A physical experimentation called ZUK1 is conducted in a wave flume under the supervision of GLADYS (www.gladys-littoral.org). A 6 m long rigid mild-slope bottom is forced by monochromatic waves in the presence of geotextile tubes at different locations. Different sizes are tested also. The features of the experimental beach are compatible with the analysis of energy flux dynamics at Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel) while scale laws are respected as much as possible for wave energy transportation and transformation (potential, kinetic, friction). The various configurations combining wave regime & geotube location provide a good overview of the transformation of flux of wave energy between the shoaling zone and the inner surf zone.

We define a transfer function for the potential wave energy over the geotube with a good accuracy.

It is demonstrated that the geotube may be deployed in an intermediate position although a position as close as possible w.r.t the beach could have been a possible best solution if one would have considered the absolute attenuation at the shoreline only.

The results are clearly consistent with what has been determined by automatic optimal design.

Forth, we analyse the various component of the cross-shore velocity (mean flow, orbital flow) and we discuss how the geotube alter the spatial distribution of such variables nearby the geotube for various conditions. The transfer function helps the characterization of the best place for the geotube with respect to wave energy attenuation, with no consideration for other effects.

The analysis of the circulation over the geotube helps the design of the scour apron to be deployed at the foot of the geotube if necessary.

Regarding the transfer coefficient, the ZUK1 experiment demonstrates that a geotube deployed in an intermediate position, in between the shoreline and the fair weather closure water depth (typically around 300 m off the shoreline in Hatzuk) can result in an attenuation up to 25% approximately. In the study of Sete wave attenuator, the decrease of energy calculated for the final deployed geotube was about 28%. The natural beach accretion after years (more than 50 m depending upon the season) suffers no doubt.

This result is consistent with the forecasting provided by the optimal design. As a consequence, the ZUK1 experimentation can be considered as a successful model calibration of the optimal design for the Hatzuk project.

Regarding the alteration of velocity nearby the geotube, since the experimentally measured currents remain of an order of magnitude equivalent with or without geotube, from a distance L of the structure, the risk of generalized scouring of the foot of the structure is considered to be low. Nevertheless, if dramatic global increases are not considered for the currents, local phenomena can occur against the structure. This is an area not covered by the experiment. The question will then arise, on a case-by-case basis, of the definition of a local protection device according to the geotechnical conditions of the site.

3.4.2 Insights from Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory

Refer to separate document : *BRL Ingenierie, 2017. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory. BRL Ingenierie report 17-5.*

This report focuses on the determination of the geometric features of such geotextile tubes to be deployed in the nearshore zone to fight against the hazards mentioned above.

To determine the best shape of the defense structures, taking into account both rheologic, environmental and engineering constraints existing for this system, a coastal shape optimization strategy is promoted.

Unlike traditional engineering approaches, based on the study of a limited number of hypotheses guided by good engineering practice in the design of traditional coastal structures (breakwater or groynes), there is no general rule for designing a wave attenuator to maximize beach protection without negative environmental impact.

Shape optimization makes it possible to test thousands of combinations –more than 3000 for Ha Tzuk Project- of distance to the coast, height, width, orientation, segmentation, extension of structures on the project site using a suitable hydrodynamic model :

- For each geotube geometric hypothesis and structure location, the site hydrodynamic conditions of the site are propagated.
- For each hypothesis of work, the overall efficiency with regard to the protection of the beach is recorded. The overall efficiency is parametrized in a cost function (J) specific to the project.

The optimal solution is the one whose geometry allows the most effective average protection of the site (the one whose cost function is lowest relative value for all hydrodynamic conditions).

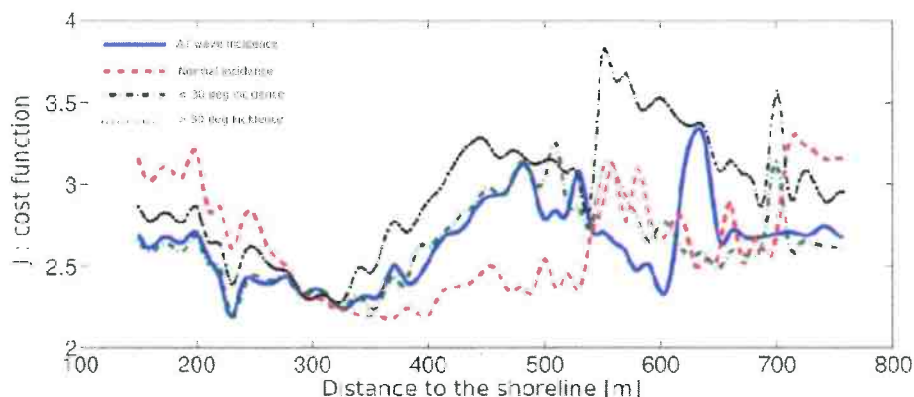


Figure 25 : Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT)

Taking into account engineering constraints, it is found that a linear geotube deployed in between 350 and 290 off the current shoreline would consist in the best solution with respect to a strict optimization methodology to control the wave energy in the nearshore zone where sediment stock vanishes (as for example, solutions A, B or C here under).

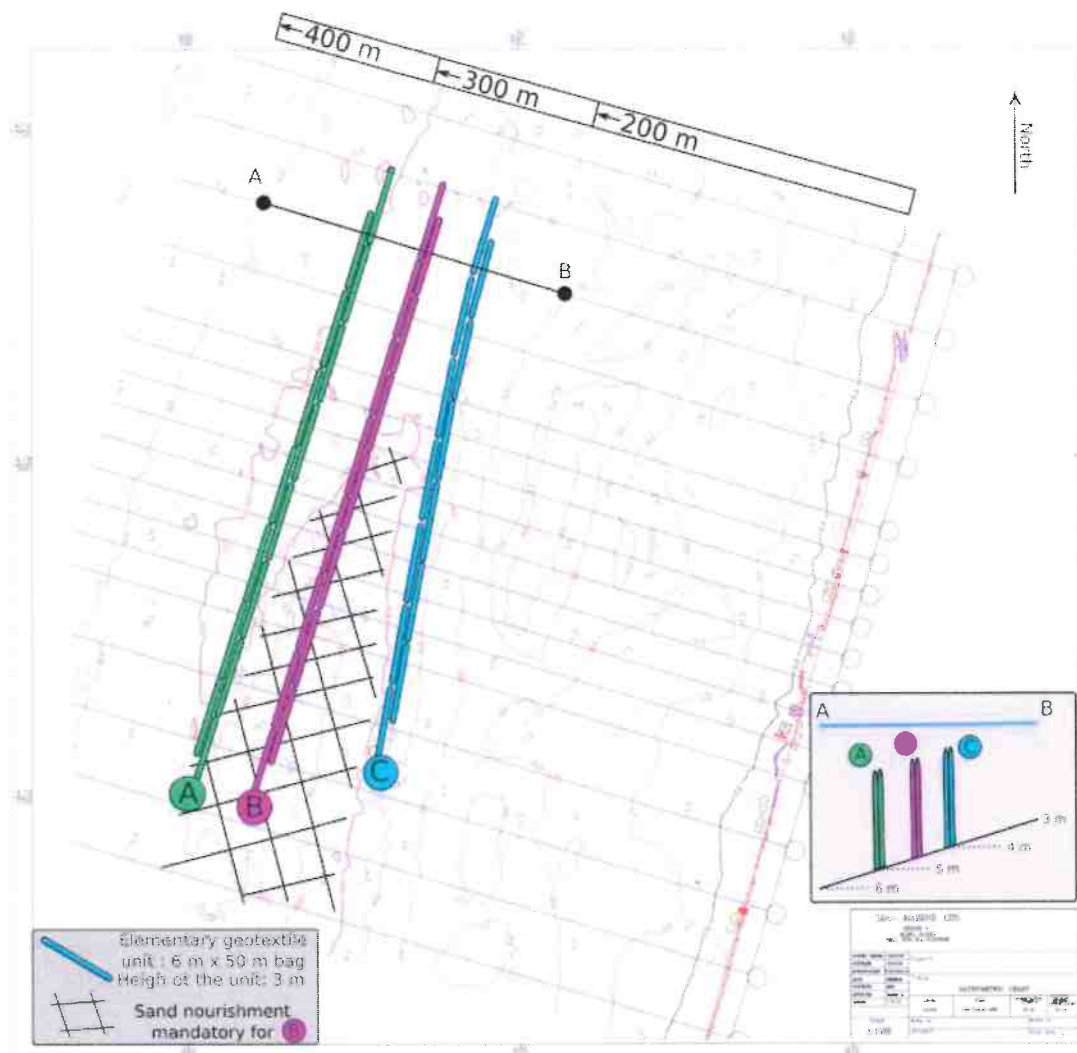


Figure 26 : Three typical best solutions dealing with the optimization (range 290 – 350 m o the shoreline) and other constraints as the occurrence of a trough in the field, as well as the presence of rocky outcrops in the seabottom locally.

If other constraints are considered (local trough in the sand stock, sagging of the geotube,...) a best optimization + engineering location of the geotube would be around 280 – 260 m off the shoreline (solution C).

The optimal dimensions for the geotube are 3 m height and 12 m wide designed in a non disrupted line.

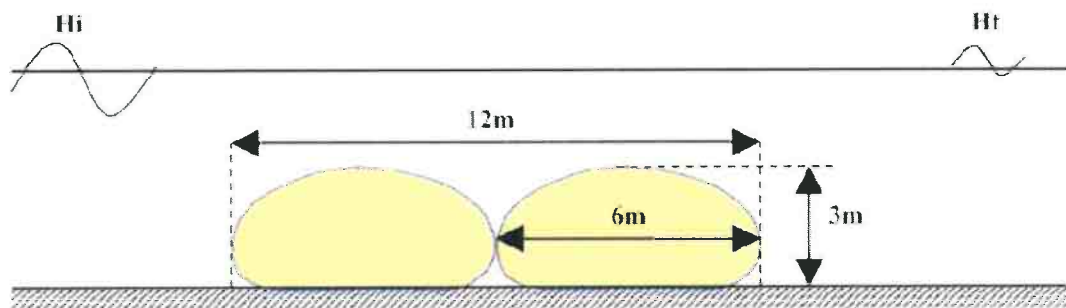


Figure 27 : Cross section of the optimal geotube wave attenuator for Ha Tzuk Beach

3.4.3 Insights from the 2D copter physical experimentation with moveable bed

Refer to separate document : *BRL Ingenierie, 2017. Coastal defense strategy along hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Insights from the 2D copter physical experimentation with moveable bed. Dr Houle report 17-1.*

A physical generic experimentation called COPTER 2D is conducted in a 35 m long wave flume under the supervision of GLADYS (www.gladys-littoral.org). A bed of granular material deposited on top of a rigid mild-slope bottom is forced by regular and irregular waves in the presence of different geotextile tubes baring wave propagation and altering morphodynamics.

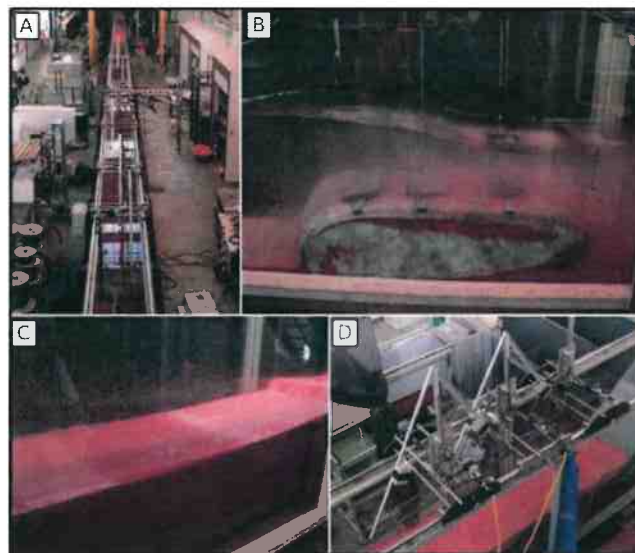


Figure 28 : Photographs of the COPTER experiment facilities. (A) The flume itself, from a gate located above the wavemaker; (B) a geotube type-A in action; (C) the emerged beach at rest. The small scarp is visible in the background; (D) the motorized ultrasonic altimeter in action

The features of this generic experimental beach are compatible with that of Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel) while scale laws are respected as much as possible for sand transport. From this experiment, we select two representative geotextile configurations (small and large geotubes), and we analyze the morphologic impact of typical fair-weather and storm waves patterns compatible with the conditions observed off Hatzuk beach.

Typically, this experiment shows how shoaling and breaking waves change the transport and the geomorphic features in the vicinity of the geotextile tube itself.

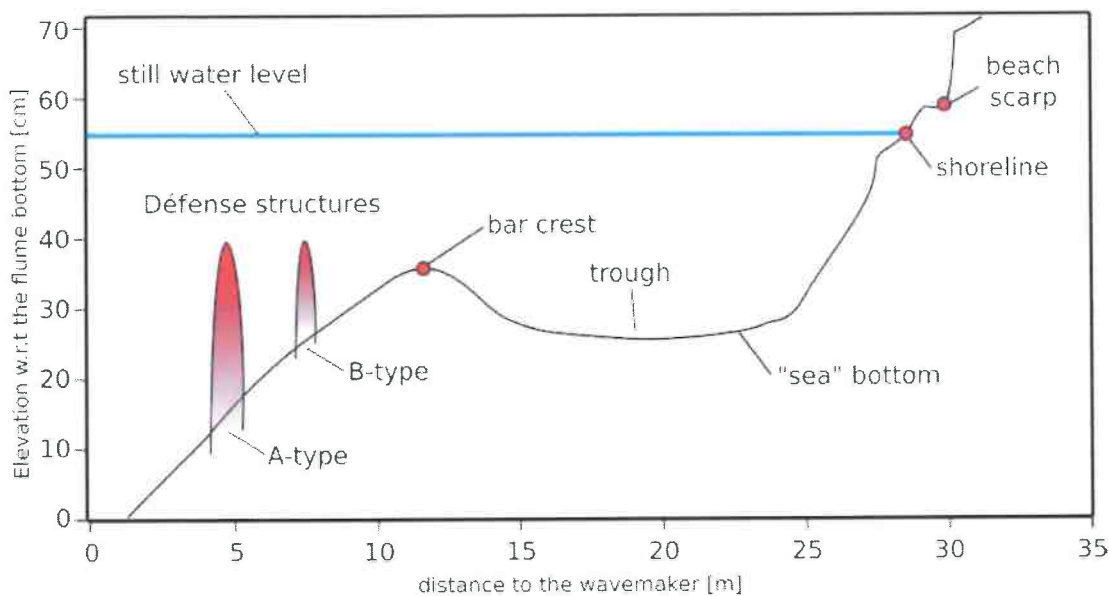


Figure 29 : Terminology for the main features analyzed in this report: A-type (large), B-type (small) structures, shoreline and beach scarp.

For the conditions explored, it is highlighted that :

- (i) the deployment of a geotextile tube may drive limited scouring effects on both side of the geotube (less than 1 m to the field scale),
- (ii) while for a small geotube the system tends to shift the hydraulic sand bar at the location of the geotube itself, a larger geotube drives the nourishment of the whole inner surf zone and tends to maintain the natural hydraulic bar at its original location, even during most severe conditions,
- (iii) the large geotube is more efficient for reducing sand mobility,
- (iv) the large geotube offers a best protection of the beach face and shoreline.
- (v) for both protected configurations, the mobility of the bar is reduced, which means that fair weather conditions may have a source of material to bring back to the emerged beach most of the time. Experimental side effects such as a constant dune foot erosion during all the experiments are justified.

3.4.4 Insights from Circulation patterns around defense structures by numerical modelling

Refer to separate document : *BRL Ingenierie, 2017. Coastal defense strategy along hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Circulation patterns around defense structures by numerical modelling. BRL ingenierie report 17-6.*

A comprehensive characterization of nearshore hydrodynamics along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel) is performed with the well-known numerical model SHORECIRC (CACR), perfectly adapted to explore wave refraction/diffraction on a complex seabottom and the influence of such wave processes on quasi-3D nearshore circulation patterns.

The set of simulations is based on an idealized Hatzuk beach showing a mean slope similar to that observed in the field, a same beach face shape, a same supposed mean position of the main hydraulic sand bar. The modelled beach does not consider some of the most peculiar geomorphic features observed in Hatzuk (scarce rocky submarine outcrops, troughs or irregular distribution of the sediment stock) because they are changing and/or limited in space and time.

The computation grid extends towards the closure water depth (w.r.t bedload transport). The model is forced with monochromatic waves characterizing various typical wave regimes from moderate conditions up to extreme storms similar to that observed e.g. December 2010. Such representative wave regimes are estimated after real data measured at Israeli wave buoys deployed in intermediate/ deep water depths.



Figure 30 : model extension for Ha Tzuk project

For each wave regime, the model is run several times with increasing durations, whose results are compared each other until two successive simulations fit well, which means that the interpretation is based on unambiguous steady state nearshore patterns. For different reasons clearly exposed, the simulations are tainted of error. A sensitive analysis is performed to avoid any ambiguity and over-interpretation.

However, assuming that main nearshore hydrodynamic processes are captured correctly, this numerical study provides a very valuable quantification of the possible effects of geotextile tubes that would be deployed in front of Hatzuk beach. For each wave condition, numerical results obtained with a beach without any protection are compared with those extracted from simulations with two different geotextile tubes (a big one and a small one) located at two different positions along the cross-shore profile. In addition, two types of geotextile tubes are considered.

A first type of geotextile tube ends laterally within the computation grid so that the effect of wave-structure interactions can be discussed; the other type of geotextile extends alongshore over the whole computation grid and is representative of the hydrodynamic effect far beyond the lateral boundaries of the defense structure.

An obvious comparison of all the results demonstrates that the deployment of any geotextile tube in the nearshore like those considered for Hatzuk project :

- does not increase wave energy dramatically (always less than $\approx 34\%$),
- does not alter alongshore current (positive or negative discrepancies less than $\approx 20\%$ in magnitude) **and thus does not threat any stake at the lee side of Hatzuk (e.g. Herzilia zone),**
- redistributes partly the maxima of wave energy and currents differently with respect to the unprotected configuration, without any consequence for the general behaviour of the beach system
- drives local increase of currents and energy at both ends of the geotextile tubes in a limited area (of the order of several tens of meters from the geotextile tube ends) **and thus does not represent any risk for leisure activities.**

Conversely, several configuration where the beach is protected by a geotextile tube drive significant reduction of currents and wave energy in strategic areas (that of the hydraulic bars), which confirms what is suggested by physical experimentation.

3.4.5 Insights from morphodynamic modelling

Refer to separate document : *BRL Ingenierie, 2017. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Some insights from morphodynamic modelling . BRL ingenierie.*

Beach morphodynamics in the presence of (and without) geotubes are explored in the Hatzuk beach (Northern Tel Aviv, Israel) through a numerical analysis performed with the model XBEACH (Kingsday version).

A two-fold model calibration is performed with experimental data acquired in a wave flume; first, numerical results for nearshore hydrodynamics in the presence of a geotube over a rigid bottom are calibrated thanks to the same forcings and bottom configuration as in the wave flume; we set some of the most important Xbeach wave calibration parameters to fit as much as possible the numerical results to the experimental observations; then morphodynamics observed and simulated are compared each others in the limited number of cases where hydrodynamics are very well calibrated; morphodynamic calibration parameters are then adjusted.

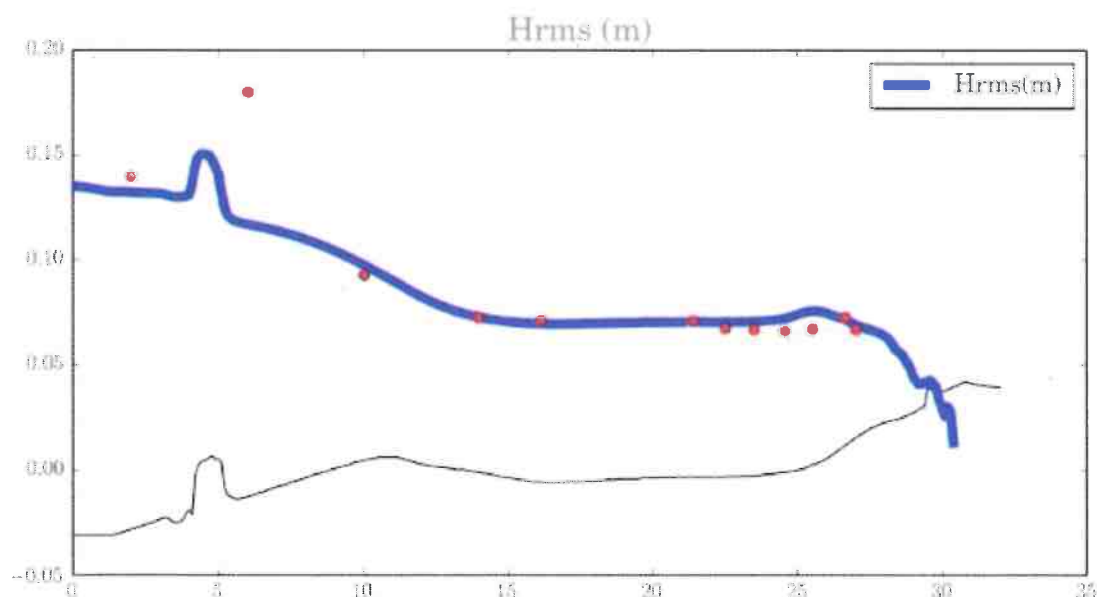


Figure 31 : Validation of hydrodynamics computed with Xbeach thanks to COPTER 2D results in the presence of a geotube (with same forcings). Setting for Xbeach was $\gamma = 0.7$, $n = 5$, $\alpha = 1$ (best calibration defined thanks to simulation with rigid bottom).

The figure here below shows the morphologic changes resulting from those hydrodynamics. Simulations with other forcings and other morphologic parameterization provide the same type of results. It is evidenced that:

- After a classical storm, sand in the lee side of the geotube may not vanish. On the contrary, it may accumulate slightly;
- Scour phenomena off the geotube is very limited after a storm;
- The deployment of a geotube controls well the fixation through time of the external sand bar in the lee side of the geotube. This clearly maintains the sand stock in the nearshore;
- The erosion of the beachface (swash zone, close to the shoreline) exists during a storm but is limited. The sand stock remains trapped in the swash zone, which suggests that fair weather conditions should move it back to the upper beach and thus feed more easily the recreative part of the emerged beach.

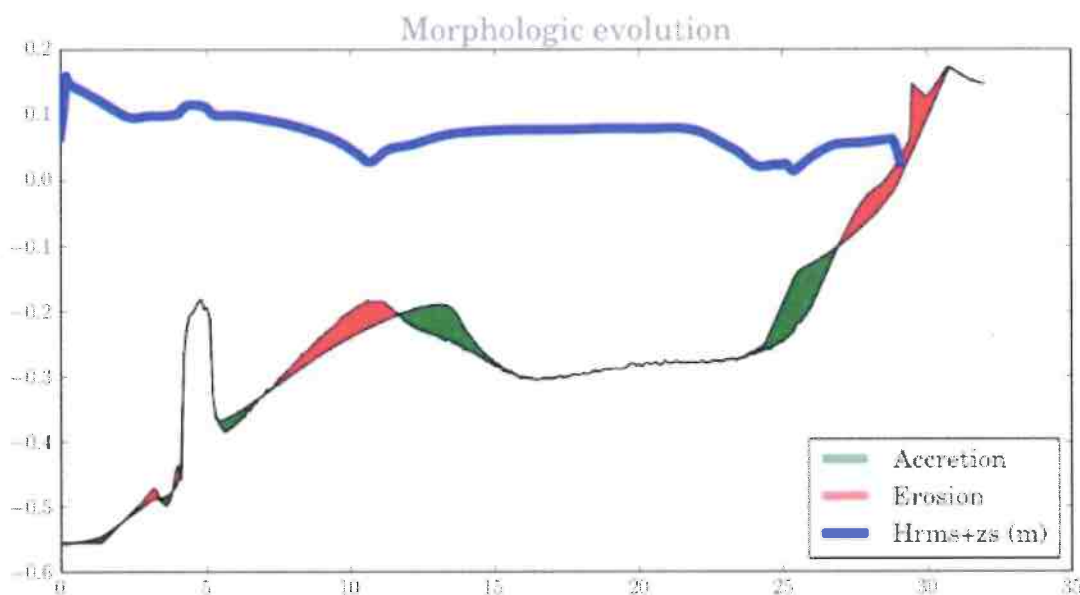


Figure 32 : Validation of hydrodynamics computed with Xbeach thanks to COPTER 2D results (with same forcings). Setting for Xbeach was $\gamma = 0.7$, $n = 5$, $\alpha = 1$ (best calibration defined thanks to simulation with a rigid bottom)

A second task, once the model has been correctly calibrated, consists in analysis of long-term morphodynamics on the Hatzuk beach, assuming that the hydro-morphodynamic calibration with experimental data remains valid for the simulations into the field. Presently: the simulations are not stable in the area. The lack of in-situ data in the nearshore domain, and the instabilities consubstantial (non linearity) to such a modelling approach prevent us to finalize relevant simulations at this stage.

Since Ha Tzuk beach has never had experimental measurement regarding morphodynamic, it is then hazardous to give conclusions from this modelling to imagine Ha Tzuk beach width in 3, 5 or 15 years (NOP13 requirement).

Return of experience for Sète experimental project, and expert opinion regarding the other parts of this study are the only possible ways to forecast the efficiency of Ha Tzuk beach protection by wave attenuator.

3.4.6 Insights from engineering considerations

3.4.6.1 General constrains

It is listed here under all geotechnical, physical, environmental constrains that will guide the project definition.

- For industrial reasons, it is decided to retain envelopes with a theoretical diameter of around 5 m maximum, leading to geotubes with a height of 3 m and a width in place of around 6 m. For large dimensions, it is indeed difficult to obtain a slenderness greater than 2.
- For environmental reasons specified in NOP 13, it is not allowed to install geotube upon rocky area.
- To prevent geotube ageing because of UV impact on geotextile, it is necessary to have a minimum water layer of 0,5 to 0,8 m.
- To limit anthropic impact during leisure activities, it is necessary to have about 1,5 m height above the geotube.
- The geotube will not be visible from sea shore, nor from sea surface, it will be necessary to signal its position with buoys.
- To be efficient regarding beach protection, the geotube will be installed under -4,5 m isobathic line. The C position is retained.
- The geotube is supposed to be stable during major events. The maximum wave height at the toe of geotube is supposed to be 5 m maximum. This value correspond to the maximum wave height in about 6 to 6,5 m depth of water during storm according to Mc Cowan. The deepness of 5 water depth + 1 m of average sea level elevation during storm is obtained from 10 to 30 m offshore the geotube, witch is convenient.
- The total length of protected beach is depending on the total length of the geotube wave attenuator installed. Since there is no side effect, the total length is to be determined only regarding financials analysis of the project.
- The sand layer around -4,5 m isobath is generally less than 1 m, locally 2 m. The scouring apron is theoretically not necessary. Since the date of the works is not fixed and the hydrodynamism of the beach can move large volum of sand, a scour apron is design as a precautionary measure.
- The geotechnical conditions at the project site are a layer of clean sand over a bedrock. As the sand is non-compressible and without delayed consolidation, no settlement other than instant settlement under the structure is expected.
- Local sand resources have a grain size in the range of 150µm to 250µm. This is fine sand, so the geotextile forming the envelope must have suitable filtration opening characteristics, in addition to the necessary tensile strength.
- Closure depth close to 8 to 10 m, i.e. at a distance of about 800 m from the shoreline (take sand under the closure depth for the construction of the structure, therefore in a sedimentary system "independent" of the near coastal system controlling the geometry of the beach).

3.4.7 Insights from structural design

3.4.7.1 External stability of the structure to the wave

3.4.7.1.1 Experimental approach

The purpose of the experiments in the mobile-bottomed wave channel was to analyse the sediment response of the coastal bars to the presence of the wave attenuation structure. This has been implemented in accordance with similarity laws (shape / mass) that make it possible to interpret the external stability conditions. During the experiments, no threshing conditions were used to destabilize the structure.

However, the moving-bottom experiments made it possible to locate and quantify the scour at the base of the structure. This is of a multi-decimeteric order and justifies the use of an anti-scouring mat. The purpose of this mat is not to prevent any scouring near the attenuator structure, it is simply to confine the foundation ground on which the two tubes are installed.

3.4.7.1.2 Analytical approach

The stability of the structure with respect to wave forces will be assessed in the case of an isolated geotube 6m wide and 3m high.

WAVE FORCES ON THE TUBE

In order to determine the wave forces on an immersed cylindrical structure, it is usual to use the Morrison formula in non-permanent flows. This includes two distinct terms that are representative of the two types of forces that are exerted on the structure:

- A drag force proportional to the square of the velocity of the surrounding water particles. This term represents the forces related to flow disturbances at the rear of the structure.

$$F_t = 1/2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_d \cdot V^2$$

- An inertial force proportional to the acceleration of the surrounding water particles of the structure. This term refers to the disturbance of the movement of the surrounding body of water.

$$F_i = \rho \cdot C_M \cdot W \cdot (dV/dt)$$

To determine each of these terms, the Airy swell model propagating in shallow swells will be used. The equations that then govern the movements of the water particles are as follows :

$$X = X_0 - a \cdot \frac{\cosh[k(Z_0 + h)]}{\sinh(kh)} \cdot \sin(kX_0 - \omega t)$$

$$Z = Z_0 + a \cdot \frac{\cosh[k(Z_0 + h)]}{\sinh(kh)} \cdot \cos(kX_0 - \omega t)$$

With :

$a = H/2$ = wave amplitude

$k = 2\pi/\lambda$

$\omega = 2\pi/T$

h = water level

From these formulas, it is easy to find the speed and acceleration of water particles in the vicinity of the pipe.

The variable C_M corresponds to an added mass coefficient.

We have:

$$CM=1+C_m$$

For an ellipsoid, as it is the case here, we can take $C_m=1$ and therefore $CM=2$

The variable C_d is determined from diagrams set by the Reynolds number:

$$Re = a \cdot \omega \cdot D / \nu$$

With :

a = amplitude of the movement of the water particles

$$\omega = 2\pi/T$$

D = diameter of the structure

$\nu = 10^{-6}$ = kinematic viscosity

The C_d value will therefore be determined in each wave and depth configuration.

PROJECT SWELL

The geotube structure will have to be able to withstand a 25 year return period swell. This swell has the following characteristics at the toe of the structure (~300m from the shoreline, slightly upstream of the structure) :

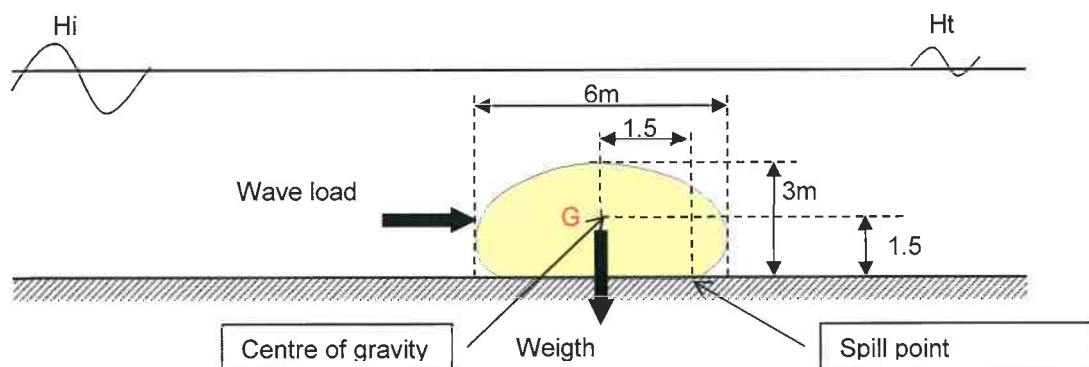
- Significant height: 5m
- Period: 11s

This correspond to a severe $H_{m0} = 7$ to 8 m in deep water.

STABILITY CALCULATIONS

The calculations make it possible to check the stability of the structure with regard to the forces mentioned above. The stability of the structure will be checked upon overturning.

Figure 33 : Review of the forces exerted on the structure



Données sur la houle

Hauteur de houle	5 m
Période	11 s
Longueur d'onde	84 m
Hauteur d'eau	6 m
Hauteur du récif	3 m
Distance du point de retournement	1,5 m
Poid du récif	15,2 T
Profondeur centre gravité	4,5 m
k	0,07
w	0,57 rd/s

Calcul des efforts sur l'horizontale

Amplitude	5,42 m
Vitesse	3,10 m/s
Accélération	1,77 m/s ²
Transparence	0,80
Re	9 290 559
Kc	11,36
Béta=Re/Kc	818 182
Cm	1,0
Cdx	2,0
Force de trainée (N)	23616 N/ml
Force de trainée (Kg)	2407 Kg/ml
Force d'inertie (N)	26135 N/ml
Force d'inertie (Kg)	2664 Kg/ml
Effort de la houle max	3,59 T/ml
Poid du récif dans l'eau	15,20 T/ml
Moment de renversement	5,83 T.m/ml
Moment résistant	22,80 T.m/ml
Renversement	Stable

Calcul de stabilité d'un ouvrage géotube isolé**Calcul des efforts sur la verticale**

Amplitude	0,61 m
Vitesse	0,35 m/s
Accélération	0,20 m/s ²
Transparence	1,00
Re	1 038 046
Kc	1,27
Béta=Re/Kc	818 182
Cm	1,0
Cdy	2,0
Force de trainée (N)	369 N/ml
Force de trainée (Kg)	38 Kg/ml
Force d'inertie (N)	2867 N/ml
Force d'inertie (Kg)	292 Kg/ml
Effort de la houle max	0,29 T/ml

The results show that the stability of the structure is very reliable. A ratio of more than 3 exists between the overturning moments and the resistant moment. In addition, the addition of a second geotube in the immediate vicinity of the first will only improve the stability of the assembly, each tube allowing the other to be protected from swell currents.

These results are complementary and confirm those obtained in the wave channel.

3.4.7.2 Protection against scouring

The substrate on which the tubes will be placed is made of sand, and is therefore sensitive to scouring, especially if there is swell surge in the direct vicinity of the structure (desired effect).

In that case, the tubes must be installed on an anti-scouring belt, anchored and weighted at the end by a small tube ensuring relative rigidity and ballasting of the belt.

Since the site condition indicates little thickness of sand, scouring apron may not be necessary. Sète site analysis showed that 3m*6m geotube remains stable even with up to 3 to 4 m depth scouring at the toe of structure. Nevertheless, as a precautionary principle, the present document keeps the principle of installing a scour apron. When civil works will take place, a new bathymetry will be done and a new sand thickness measurement will also be done for the designer to conclude whether a scour apron is necessary or not.

At the present design step, a scour apron from 3 to 6 m width from part to part away the geotube are taken into account in drawings and cost estimates.

3.4.7.3 Design of the geosynthetic envelope

The design of a geotextile tube must be done according to the rules of the art. In general, the maximum tensile strength of the envelope is mobilized during the filling phase. It depends in particular on the inflation pressure and the filling rate of the synthetic envelope.

TENSILE STRENGTH

Tensile strength is evaluated using the Silvester chart (1986) providing tensile strength based on the geometric characteristics of the structure.

In the case of a 3 m high geotube of the attenuator structure with a perimeter equal to 15 m, filled with sea sand in the form of hydraulic backfill, the ultimate resistance mobilized during the filling is 42 kN/m.

To ensure a good level of sustainability of a geosynthetic, it is necessary to take into account, through representative partial coefficients:

- The resistance of the seams;
- of the creep under stress of the envelope;
- from damage to implementation;
- the chemical aggressiveness of the environment in which the tube is immersed.

The overall coefficient commonly used to take these elements into account is $F = 3$.

In view of the stakes in Ha Tzuk beach, the project manager proposes to adopt an overall coefficient of 4.

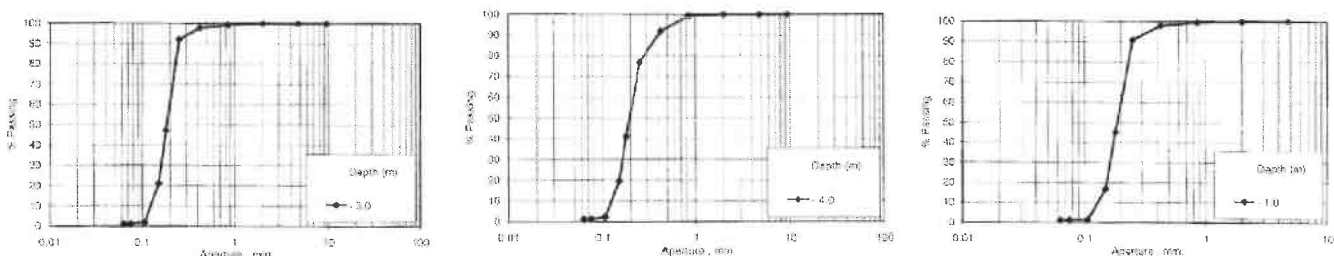
The ultimate tensile strength of the geosynthetic material covered by this operation will then be 170kN/ml or more in both the production and cross direction. The same ultimate tensile strength will be used for any scouring protection.

PERMEABILITY

The permeability of the geosynthetics to be used depends on the method of execution of the work. This can be low if pumped water discharge stacks are installed on the tube to be filled.

ENVELOPE FILTRATION OPENING

Given the nature of the sands available in the project area, the filtration opening should be small enough to retain the fine particles of the sand. It is expected that the sand used will have characteristics compatible with the following model taken between Ashdod, Herzelia and Hazuk :



Therefore, a filtration opening between 50µm and 110µm appears satisfactory.

SPACE BETWEEN FILLING AND DEWATERING PIPES

The distance between an injection stack and a drainage stack must be sufficient to allow the finest materials to settle. This dimensioning principle is based on the falling particle velocity and the velocity of the filling current.

$$L = Q/(W*Vs)$$

With the following ratings:

L: distance between two chimneys

Q: Solid flow rate

W : hydraulic section of the flow

Vs sediment fall rate.

A numerical application indicates that chimneys spaced more than 11 m apart will allow satisfactory settling of materials smaller than 100 μm .

3.4.7.4 Durability of the structure over time

A geotextile tube structure consists of an inert filling material - sand - and a containerization or envelope material: geotextile.

The resistance of the tube to attack is generally related to the resistance of the envelope. The latter must resist multiple constraints.

In general, it is considered that the lifetime of a textile tube manufactured and implemented according to the rules of the art is in the order of 30 to 40 years.

This kind of structure needs regular monitoring, inspection and if necessary, maintenance. The quality of maintenance is the key to have the system lasting long time.

ULTRAVIOLET RESISTANCE

Geotextile is a flat and permeable textile material made from natural (coconut, jute,...) or synthetic (usually polyester, polypropylene or polyethylene) materials. These synthetics are materials polymerized from monomers. The bonds between the monomers can be broken by the energy supply of UV radiation.

In general, these materials are stabilized against UV rays by carbon black products and antioxidants. The resistance to U.V. is all the more important as the filaments used for the manufacture of textiles have a large diameter.

In addition, they are designed for use in geotechnical structures, buried or submerged, protected from UV radiation. Some manufacturers guarantee their geotextiles 120 years in the ground.

As part of the project, the water slide above the envelopes will be in the order of 3 m. It is generally considered that a 0.8 m slice of water is sufficient to stop active UV radiation on polymeric chains. In addition, this envelope will quickly be colonized by algae which, forming a double skin, will also have a U.V. protective function.

CHEMICAL RESISTANCE

The polymers generally used (PET, PP, PE) are stable materials under the conditions of use of Lido. Only polyester has a sensitivity (possibility of hydrolysis) to basic water (above pH = 8.5).

As a precautionary measure, a polypropylene or polyethylene material will be specified as the base of the tube shell.

RESISTANCE TO PHYSICAL AGGRESSION

In the majority of cases, the damage to the tubes is the result of vandalism and/or floats. The position of these tubes (350 m from the coastline at a depth of 4.5 metres) puts them out of reach of ordinary vandalism. It is generally considered that 150 m distance and 1.5 m water depth are sufficient to limit common voluntary degradation.

As part of the project, the fully submerged position of the tubes protects them from most debris and floats that could damage them.

The potential source of damage is the proximity of vessels with a draught greater than 1.5 m in the area (pleasure craft and fishermen). The presence of the structure must be reported to the competent authorities. In addition, it is still possible to set up buoys or beacons for this purpose. This possibility was not taken into account in the costing of the transaction. As a reminder, a tube as envisaged is more than 15 m³/ml, i.e. about 30 tonnes per linear metre or 150 tonnes per tube.

Note : A locally damaged tube is repairable by simple and low-cost means. Regular inspection and maintenance should be carried out.

PRECAUTIONS AGAINST ALEAS

Like any structure, textile tubes can be subject to hazards. In order to limit the effect, the tubes will not be continuous pieces 1000 m long, but successions of tubes of unit length between 20 m and 40 m. This "splitting" limits the extension and progression of a defect on the linear of the operation.

The existence of two lines makes it possible to keep one, which is less efficient but not null, in the event of failure or destruction of the first one.

3.5 DESIGN CONCLUSION

As a conclusion to design studies, preliminary planning documents can be given as follows :

The geotube wave attenuator consists of two geotextile tubes filled with sand placed side by side.

The tubes will consist of a succession of 30 m long sections (possible 20 to 40m regarding to building company capabilities). Each will be 6m wide and 3m high.

As a precautions principle, they will be placed on an anti-scouring belt of a maximum width of 25m weighted at the edge by ballast tubes filled with sand.

The entire structure will be installed at the -4.5 m isobath, approximately 260 m from the shoreline, avoiding ecologically sensitive rock outcrop areas.

The top of the structure is therefore at a depth of 1.5m, which limits the vulnerability of the structure to floating objects, vandalism and UV rays.

The position of the structure behind the outer bar ensures that the natural operation of the beach system - small bottom up to the 2nd bar - is not disturbed.

Calculations and tests in the wave canal made it possible to verify the stability of the structure.

In addition, studies have shown that :

- the structure does not modify the overall morphology of the bottoms between the beach and the structure, in particular there will be no accumulation of materials in front of the structure as is the case for a foot stop and the two natural bars will be preserved,
- the muzzles of the structure will not create an accentuation of the currents.

The sand requirement to fill the geotubes is estimated at 30m³/m, or 30,000m³ for the 1000m. It will be taken in an area further offshore, at a minimum distance of 800 m. Historical studies of the project area show the presence of materials with satisfactory grain sizes on bottoms below 8 m to 10 m depth located 800 m far from coastline.

In principle, there is no need to reload sand to reach the 25 to 35 m beach objective. A monitoring will allow to conclude if beach nourishment is needed in the future.

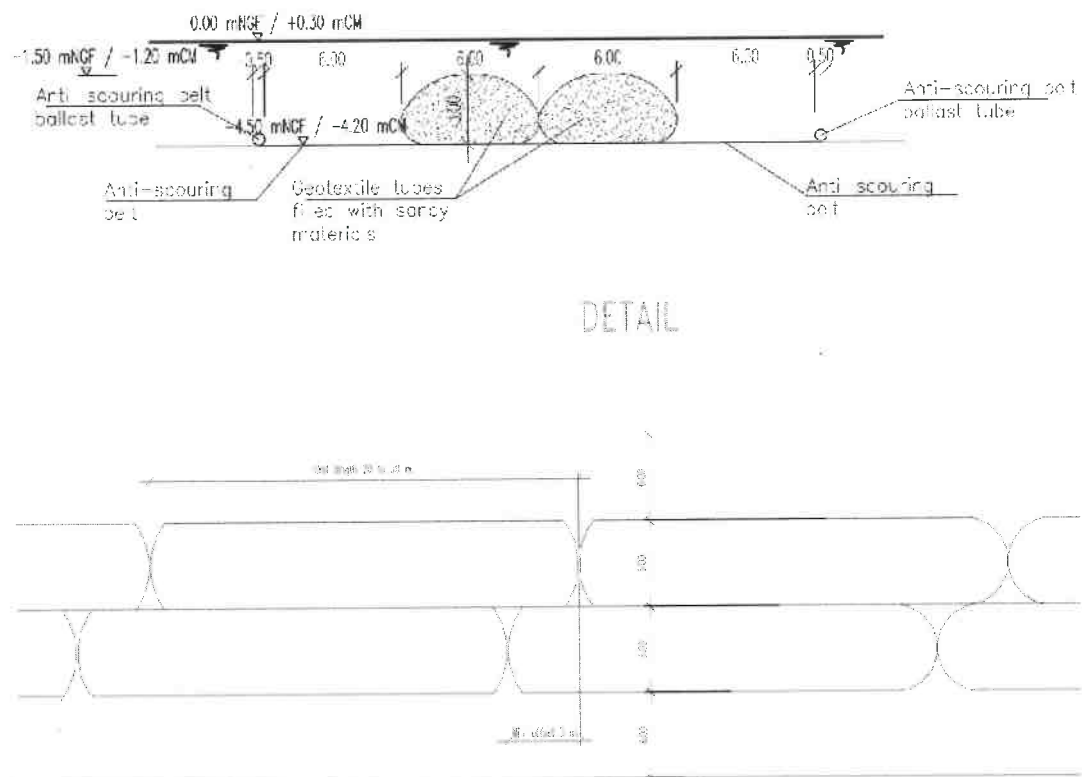
4. PRELIMINARY PLANNING DOCUMENT

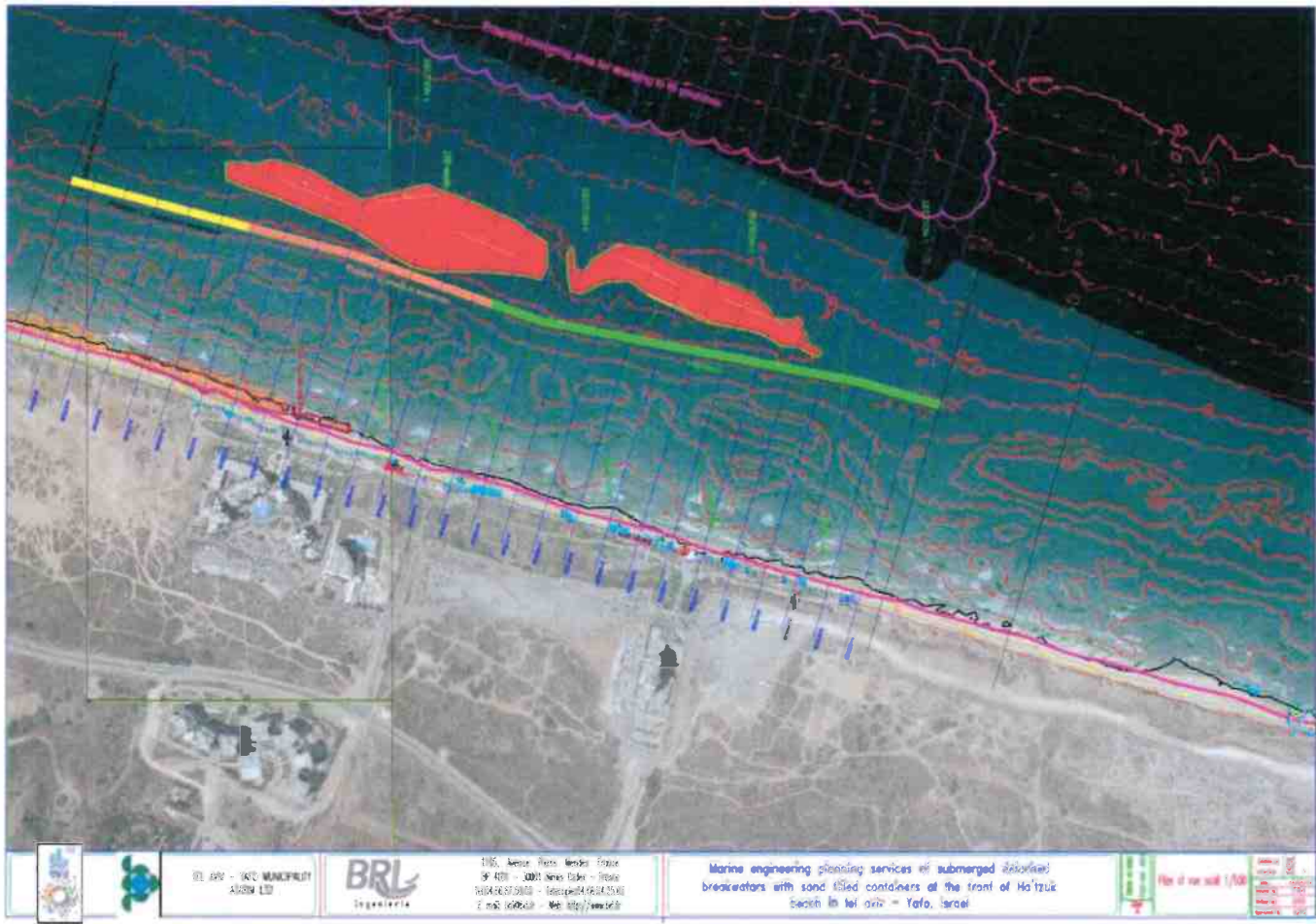
4.1 PLANNING OF THE SOLUTION

Refer to separated full scale drawing documents in appendix 1.

As a conclusion to design studies, preliminary planning documents can be given as follows :

Figure 34 : General cross section and plan view





Nota : scale is reduced to fit to the document.

4.2 ANTICIPATED MORPHOLOGICAL IMPACTS

4.2.1 Forecast of changes of the sand strip width (1, 3, 5 years)

The aim of the project is to protect cliff and emerged beach from storms and general erosion. It is assumed that the modelling prevision is useless since there is no site data to calibrate the model.

The principal thing to say from return of experience in successful Sète Project is that the beach will keep its summer calm width conditions. That is to say, for Ha Tzuk, around 20 to 30 m. During the first years, the system should fix some more sand up to reach a new equilibrium between 25 to 35 m. This width will vary due to hydrodynamic conditions, but will not be dramatically eroded for annual storms.

Since it is a soft solution, morphological effects of the project on the bathymetry and coastal vicinity will not be sensitive. The shape of the beach will stay in a regular shape, and will not become dangerous for leisure activities.

Since it is a soft solution, it is proven by modelling activities that there will not appear side effects regarding erosion and accretion. This result is consistent with full scale experiment and successful Sète Project.

These results will be globally stable at 1, 3 and 5 years.

A monitoring should be done each year at same seasonal conditions (spring or summer). The result shall be interpreted regarding the behaviour of the sand stock and it should be stated after year 3 if a beach nourishment is needed. At present time of writing this document, it is not advised to prepare a beach nourishment.

4.2.2 Anticipated impact on processes of beach nourishment (1, 3, 5 years)

From the designer experience, it appears not to be necessary to proceed to beach nourishment in the same time than wave attenuator construction.

The natural beach width varies from 10 to 30 meters, depending on the season and the year of the measurement.

Reducing wave energy in the sandy system allows to keep fair weather conditions and then to keep summer width of the beach. It is supposed to be enough regarding the aim of the project.

4.3 ENGINEERING REPORT

4.3.1 Proposed method of breakwater construction

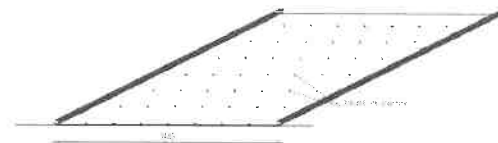
A textile tube consists of a casing filled by hydraulic pumping with a mixture of water and sand which is intended to settle to gradually fill the tube. The sand thus used is then in a state of compactness generally close to the normal optimum proctor, at a density close to 1.95. The planned attenuator structure consists of two tubes on a weighted anti-scouring mat.

OVERALL PHASE OF THE WORK

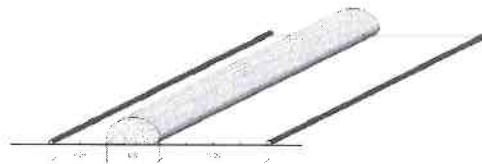
The construction of a wave attenuator portion includes at least 3 distinct phases:

- 1- Implementation of the anti-scouring belt weighted from a barge
- 2- Implementation of the envelope of the first textile tube and hydraulic filling with sandy materials in synchronous or delayed manner.
- 3- Implementation of the second textile tube and hydraulic filling with sandy materials in synchronous or delayed manner.

1 - Installation of ballasted or anchored anti scouring mat



2 - Installation of the first geotube



3 - Installation of the second geotube



MEANS OF EXECUTION

The prefabricated geosynthetic tubes and the anti-scouring mat will be transported to the site by barge equipped with a crane of sufficient power (20 T minimum).

On land, they will have previously been carefully folded (tubes) or wound on a mandrel (anti-scouring mat and tubes) so that handling at sea and underwater is limited.

The tubes will be filled by means of means that allow a mixture of water and a minimum of 10% sand to be injected into the tubes. It could be made at your choice:

- by a suction dredger with direct discharge, sucking the sand into the authorized area to discharge it directly into the tube – this is the best option for Ha Tzuk site ;
- by an adapted pump gradually draining the well of a load-bearing dredger or barge previously loaded by a dredging operation in way of the authorised area.

Bottom installations and guidance will be provided by scuba divers.

Calculations have shown that the stacks for filling and discharging water flows must have a minimum spacing of about 10 m to allow effective settling of the injected sediments. These will have a diameter of about 50 cm and a length of between 80 cm and 150 cm.

SUBDIVIDED INTO SPECIFIC STEPS

1 - Preliminary recognition and validation of the implementation at the start of the work:

Prior to the deployment of the structures, as part of the execution studies that will have to take this into account, the company will carry out sampling and granulometric tests to validate the availability and quality of the sand for filling the pipes.

The axis of the tubes is provided on the bathymetric curve at -4.5 m isobath. This is a primary objective of the operation to imperatively respect a crest dimension of the structures set at -1.5 m under mean water level.

A bathymetric survey prior to the installation of the structures will thus be conducted as part of the progress. It may be necessary to reprofile the bottoms before laying to ensure an even and identical depth along the entire length of the route. For example, if a bathymetric trench is identified, it must first be filled to preserve a generally linear structure. The maximum permissible radius of curvature to adapt the plan of the structure to bathymetry is 300 m.

PREPARATORY WORK

The various envelope elements and anti-scouring mats will be prefabricated in the factory and prepared on a specially designed area (prefabrication possible in a specific area of Ha Tzuk near the marina, then loading on the crane barge from a quay).

INSTALLATION OF THE ANTI-SCOURING MAT

The belt is placed as the tubes are filled with sand.

The belt previously wound on a mandrel is placed using a lifting beam carried by the crane pontoon.

The unwinding of the carpets is suspended every 20 to 40 m, in order to allow the filling of the textile tubes. The partially unwound mandrel can then be immersed and temporarily left on the bottom of the water.

The unwinding of the carpets may be interrupted at any time without prejudice to the procedure for laying the elements.

Ballasting or anchoring the draining mat:

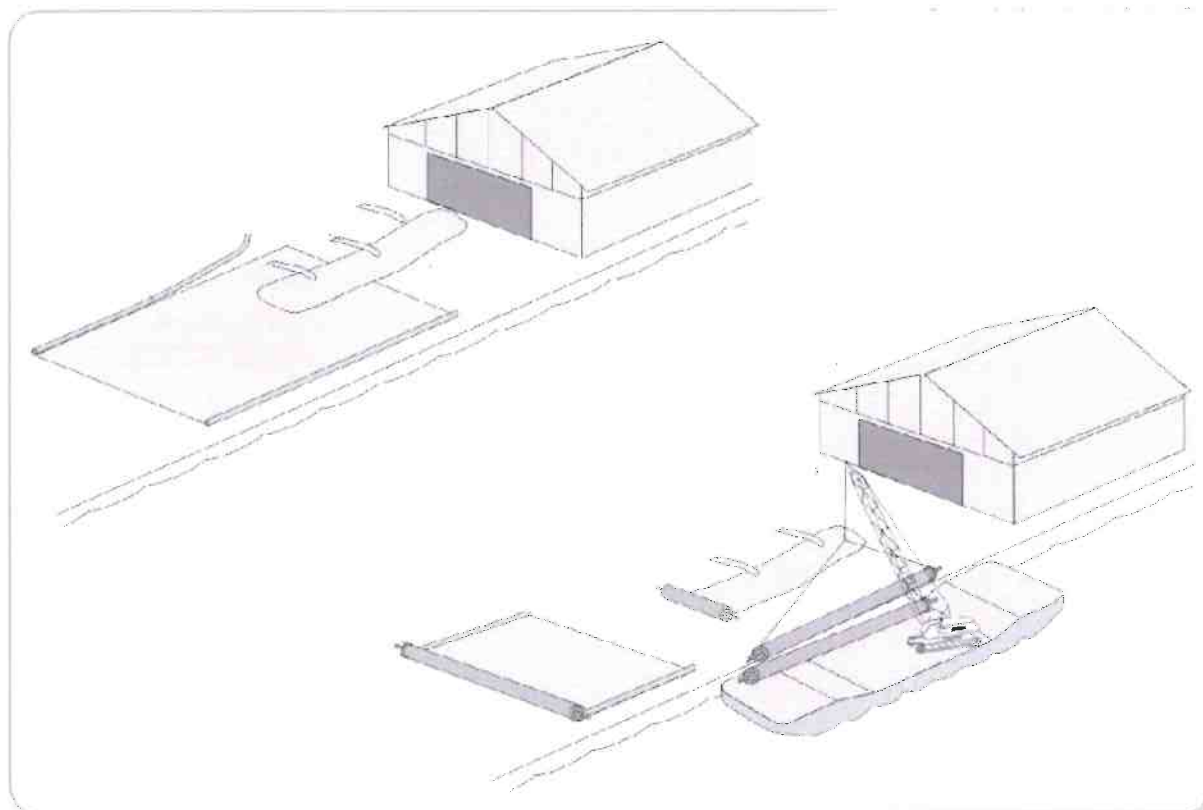
Polypropylene is lighter than water, so it is advisable to ballast the draining mat to ensure that the mat is satisfactorily plated against the ground.

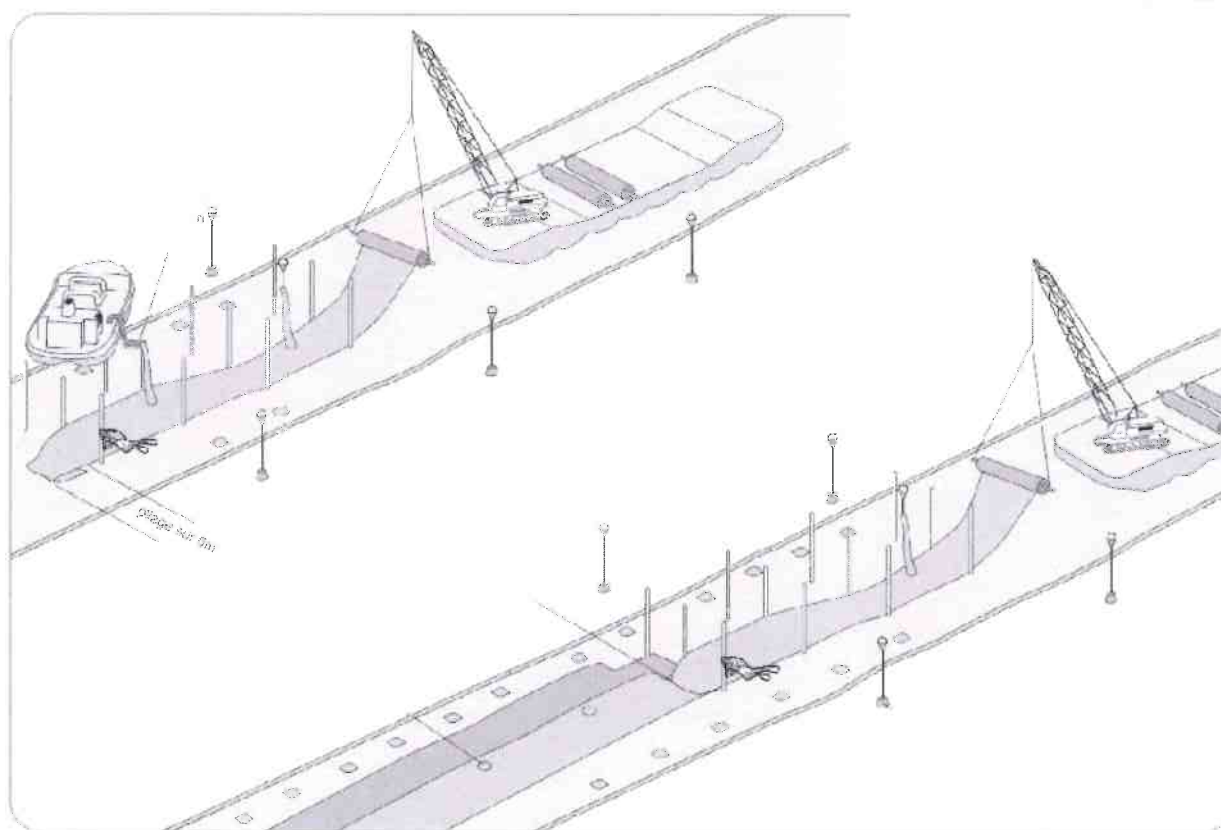
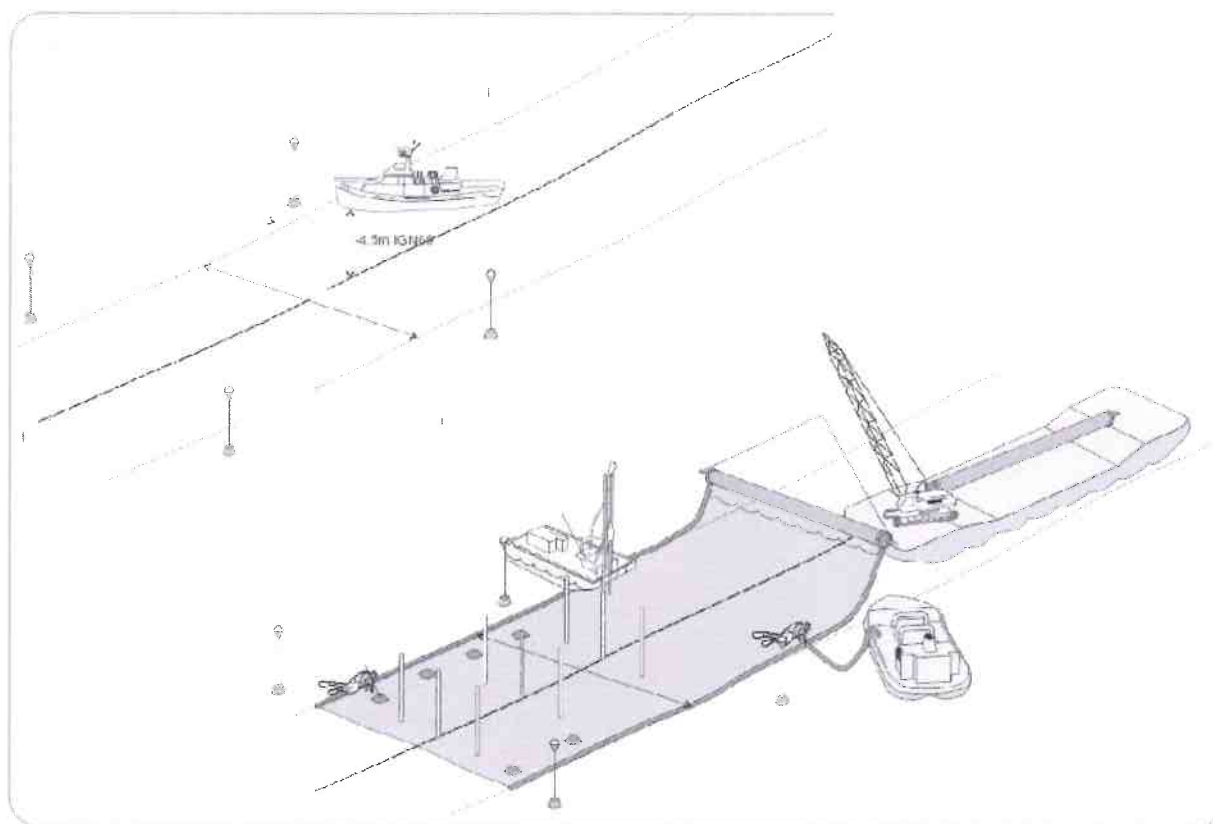
Given the potential proximity of beach rock (beach sandstone), anchoring devices are not a priori favoured. Ballast devices are provided for the drainage belt. This ballast can be achieved by using sandbags firmly attached to the parts of the draining belt not covered by a tube;

The ballast weight per linear metre of pipe shall be at least 8 kg of ballast (dry sand bag) per linear metre of pipe. This mass of ballast can be distributed by ballast lines spaced 3 to 4 m apart. These are final weights. The weights should preferably be placed when the belt is wound on a mandrel or as the belt is unwound in water.

Similarly, it will be necessary to provisionally ballast the tube shells before filling

Figure 35 : geotube project construction sketch





DISASSEMBLY OF THE BREAKWATER

It is only necessary to involve scuba workers to cut the geosynthetics envelope.
The filling sand, which is local resource, will go back to the sedimentary cell stock.
The envelope will be blown by the use of a pumping system.

DETAILS ON THE POSSIBILITY TO USE THE PLANNED BREAKWATER AS BASIS OF A "STANDARD" STONE BREAKWATER

All the design analysis is related to a specific shape and location. This geometric characteristics can be obtained by geotube system, but also with natural stones.

In the case of natural stones a few things such as scour apron, or berms may need to be adapted.

ENGINEERING ASSESSMENT REGARDING LIFE EXPECTANCY OF THE BREAKWATER.

In general, it is considered that the lifetime of a textile tube manufactured and implemented according to the rules of the art is in the order of 30 to 40 years, let's say 30 years.

This kind of structure needs regular monitoring, inspection and if necessary, maintenance. The quality and frequency of maintenance is the key to have the system lasting long time.

As stated in structural design, the structure is designed to resist to severe winter storms.

4.3.2 Method and sand source

4.3.2.1 sand for filling the geotextile containers

The sand requirement to fill the geotubes is estimated at 30m³/m, or 30,000m³ for the 1000m. It will be taken in an area further offshore, at a minimum distance of 800 m. Historical studies of the project area show the presence of materials with satisfactory grain sizes on bottoms below 8 m to 10 m depth located 800 m far from coastline.

A general rule is to be able to identify a deposit 2 to 3 times greater than the need in order to be sure to be able to mobilize the need for sandy resources. If we consider a general sand layer of about 1 m width, it is only necessary to identify a sandy profile of about 100 m, that is to say, be sure to have sand from 800 m to 900 m far from seaside. It is obviously the case along Israeli coast.

4.3.2.2 sand for beach nourishment

In principle, there is no need to reload sand to reach the 25 to 35 m beach objective. A monitoring will allow to conclude if beach nourishment is needed in the future.

To be efficient, the beach nourishment should be done with at least 100 m³ per m of beach. It means 100 000 m³ for a 1 km long project. This sand volume will not be present directly around Ha Tzuk site. It could come from an harbour dredging (external parts only due to pollution risk) or from abroad as it is done for now in such a case in Israel.

4.4 DRAWINGS AND PLANS

Refer to appendix 1 to have full scale drawing.

4.5 QUANTITY LIST INCLUDING FINANCIAL ASSESSMENT REGARDING EACH SECTION.

Details of the costing, including details of the content of prices and quantities, are available below. Given the limited experience of local companies, this price should be considered as an order of magnitude. It should be noted that the feedback from the geotube works under way south of Tel Aviv may provide additional elements to refine the estimate.

The cost of the work is sensitive to weather conditions, which can vary significantly from year to year. The global cost should be considered to be from 2,8 to 3,2M€ excluding taxes at the present stage of feasibility.

The price is given here for a global length of 1000 m. It can be adapted to smaller or larger length.

Price number	Designation	Unity	Quantity	Unitary Price H.T.	Montant H.T.
General packages					
1	Bringing in and out of equipment	Ft	1,000	150 000,00 €	150 000,00 €
2	General site and fallback installations	Ft	1,000	60 000,00 €	60 000,00 €
3	Execution file	Ft	1,000	10 000,00 €	10 000,00 €
4	Collection file	Ft	1,000	12 000,00 €	12 000,00 €
5	Implementation and provisional maritime signalling during the construction phase	Ft	1,000	8 000,00 €	8 000,00 €
6	Implementation and final maritime signage for the structure	Unité	3,000	8 000,00 €	24 000,00 €
7	Bathymetric surveys before work	Ft	1,000	7 500,00 €	7 500,00 €
8	Sampling and testing surveys for characterization of the borrowing area	Ft	1,000	10 000,00 €	10 000,00 €
9	Bathymetric surveys during the work	Ft	1,000	10 000,00 €	10 000,00 €
10	Bathymetric surveys after work	Ft	1,000	1 000,00 €	1 000,00 €
Wave attenuator structure					
11	Preparation of the bottom of the excavation for the attenuator	ML	2 000,000	20,00 €	40 000,00 €
12	Supply and installation of textile tube for the attenuator	ML	2 000,000	900,00 €	1 800 000,00 €
13	Supply and implementation of a geotextile for the anti-scouring mat	M2	24 000,000	25,00 €	600 000,00 €
14	Capital gain at prices n°12 and 13 for the construction of 2 to 4 test tubes (minimum length of 30m) for the calibration of equipment, materials and implementation, including instrumentation, soundings and specific measurements	Ft	1,000	30 000,00 €	30 000,00 €
16	Dredging and reloading for resurfacing the foundation soil within the project area	m3	5 000,000	20,00 €	100 000,00 €
17	Naval equipment fixed assets	Unité	5,000	10 000,00 €	50 000,00 €
Total					
<i>Total € excluded all taxes</i>					2 912 500,00

4.6 INITIAL PROPOSED PROJECT SCHEDULE.

The planned completion rates are in the order of 10 to 15 ml of work per effective working day (i.e. approximately 1 tube of 20 m to 30 m per day).

It is made the assumption that there will be no works from June 1st to September 15th each year due to leisure activities.

Since summer time should be preserved from seaworks, the average weather conditions (autumn / winter / spring) allows us to consider working 1/2 of the time, or about 10 days a month. The average linear achievable per month is then around 100 ml to 150 ml.

On this basis, the duration of the work on the 1000 m of the so-called experimental farm section is estimated at 7 to 10 months depending upon the wave climate conditions.

This value will be challenged by the geotube return of experience of south tell aviv project.

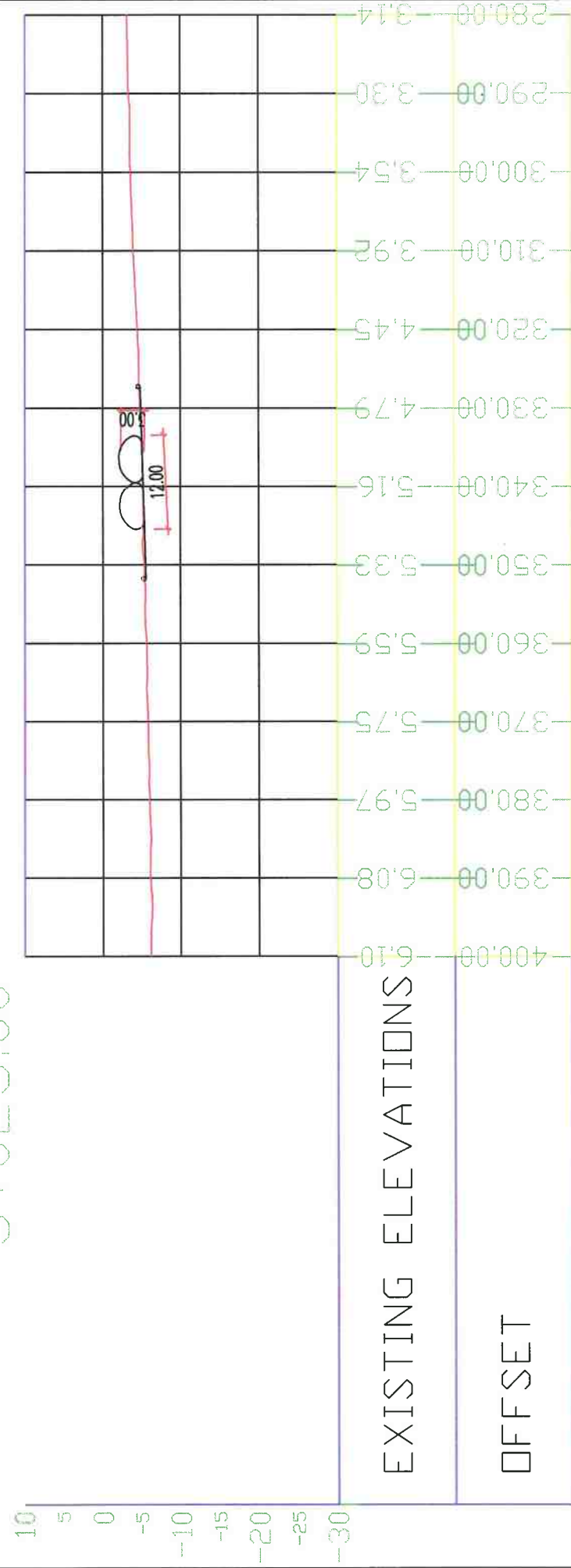
APPENDICES

Appendix 1 - Full scale drawing



[illegible]

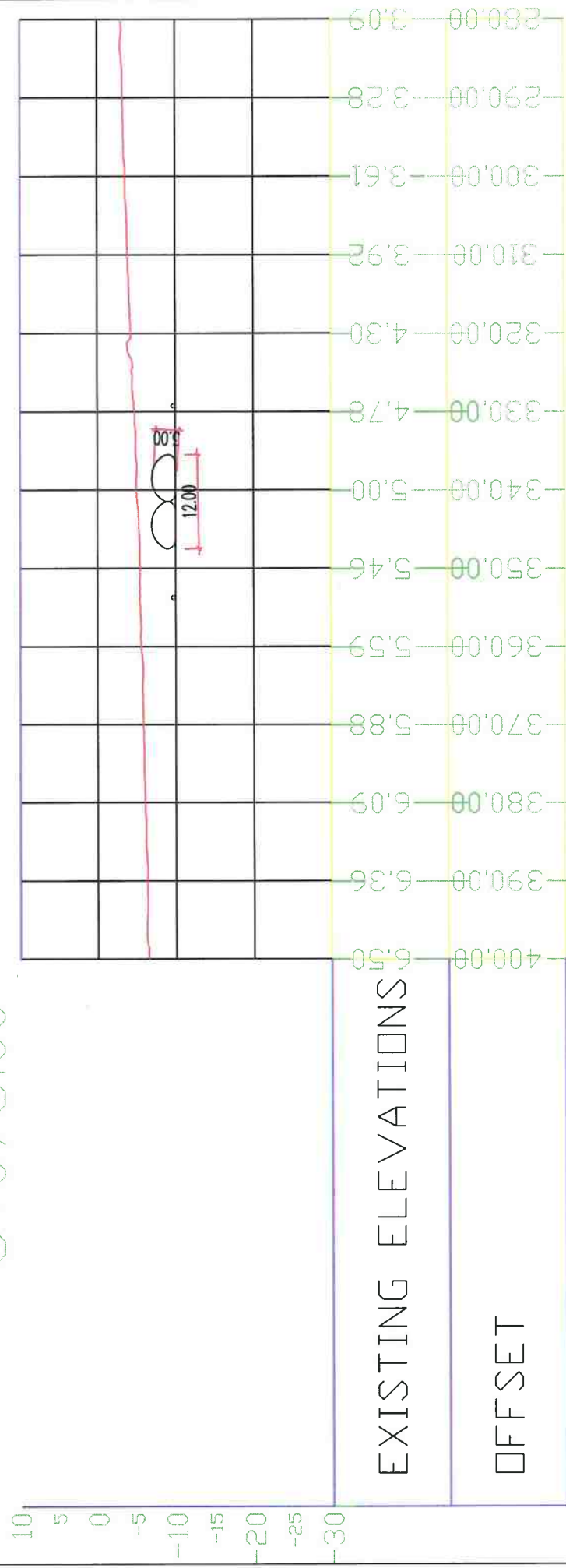
3+025.00



EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

3+075.00

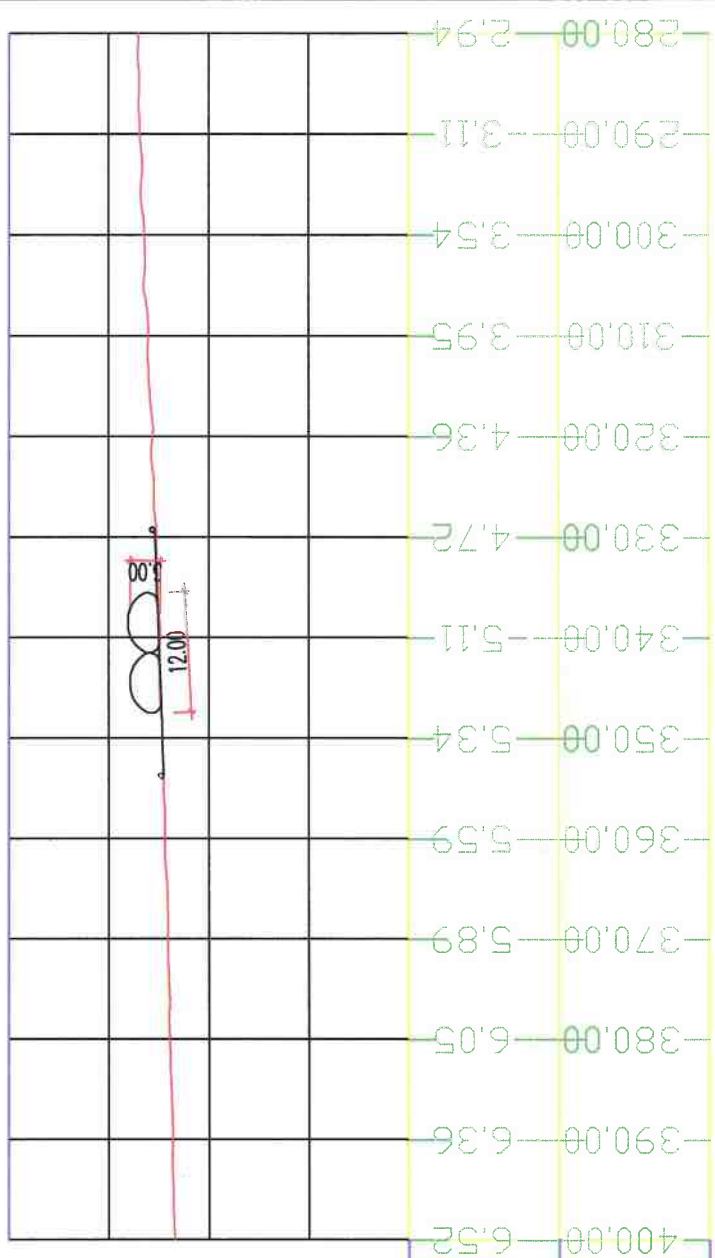


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

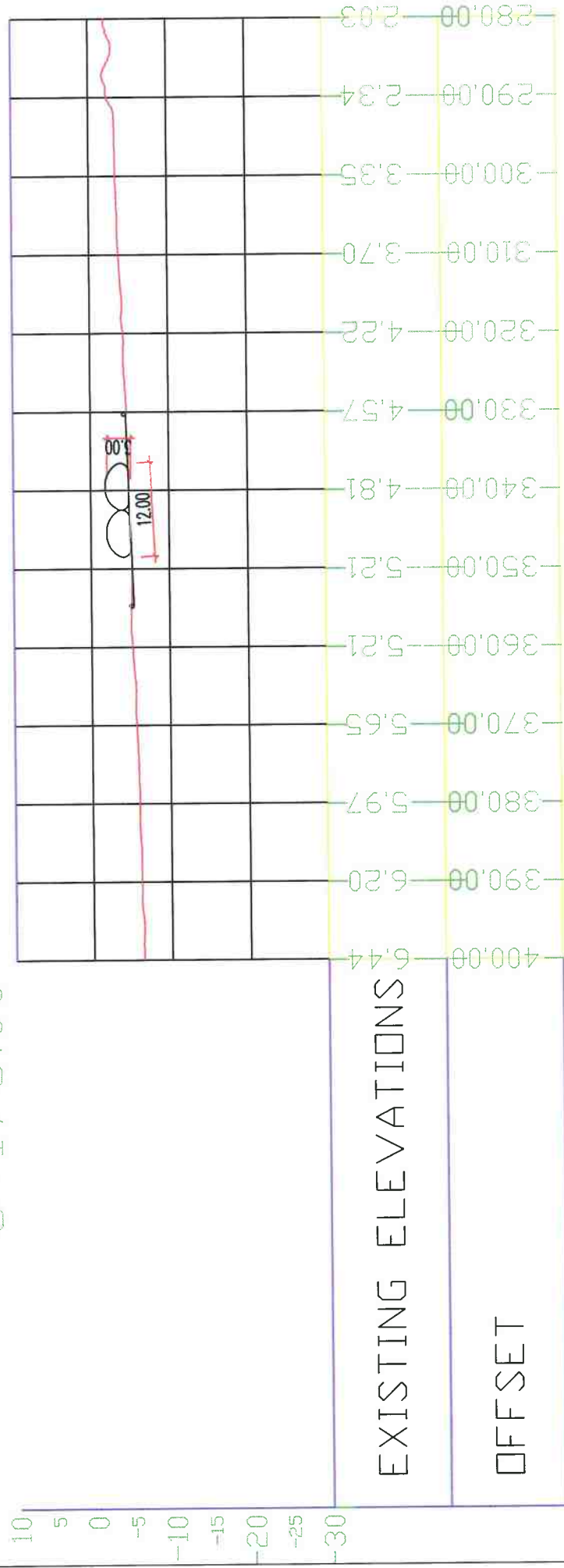
3+125.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET



3+175.00



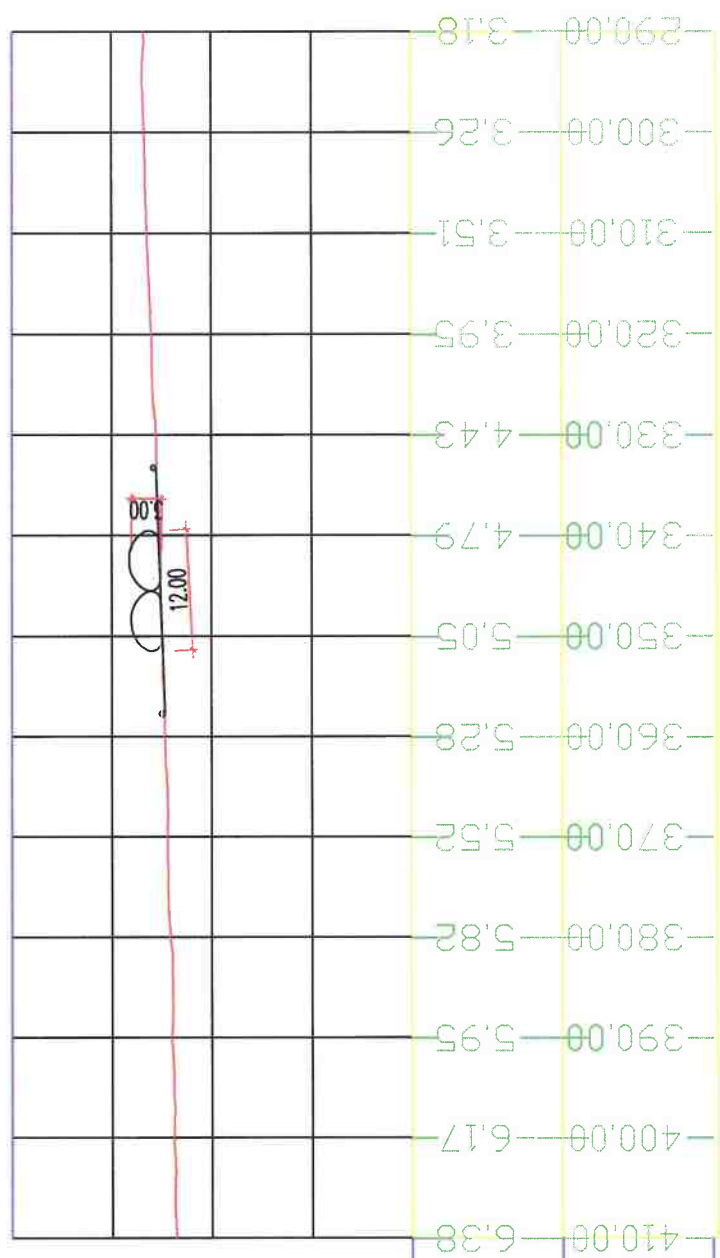
EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

10 5 0 -5 -10 -15 20 -25 -30

88'9"

-410.00

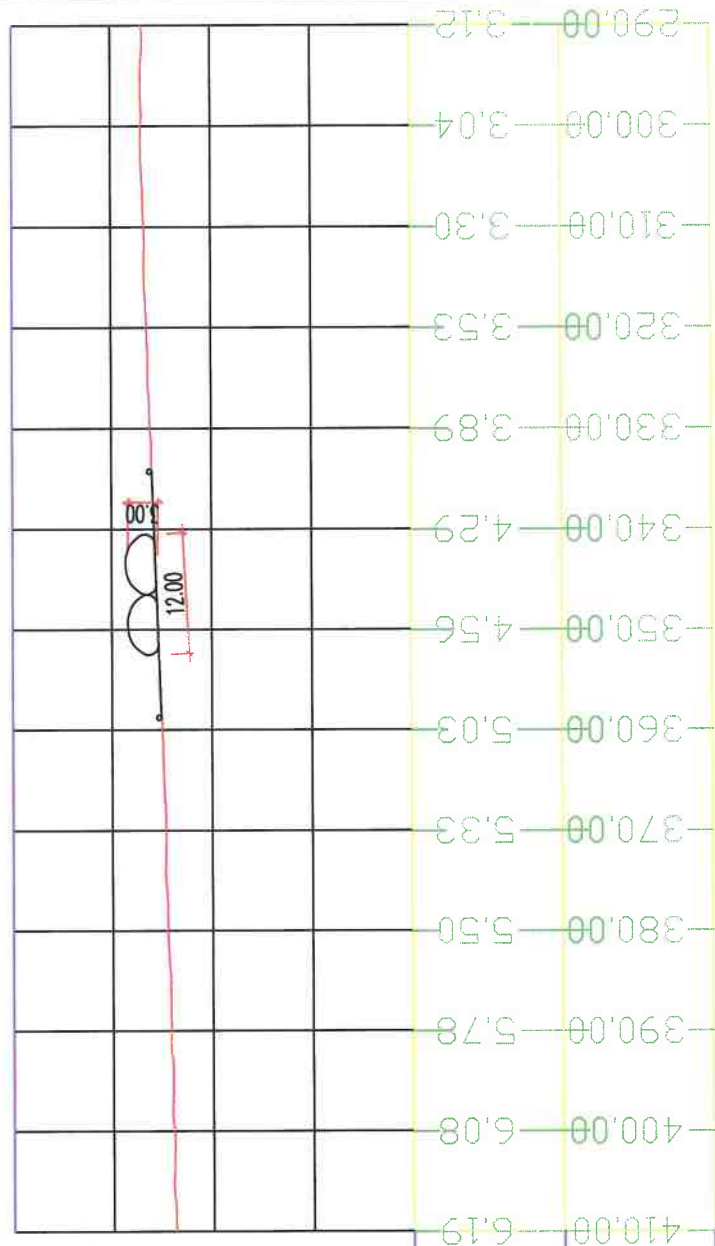


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+275.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

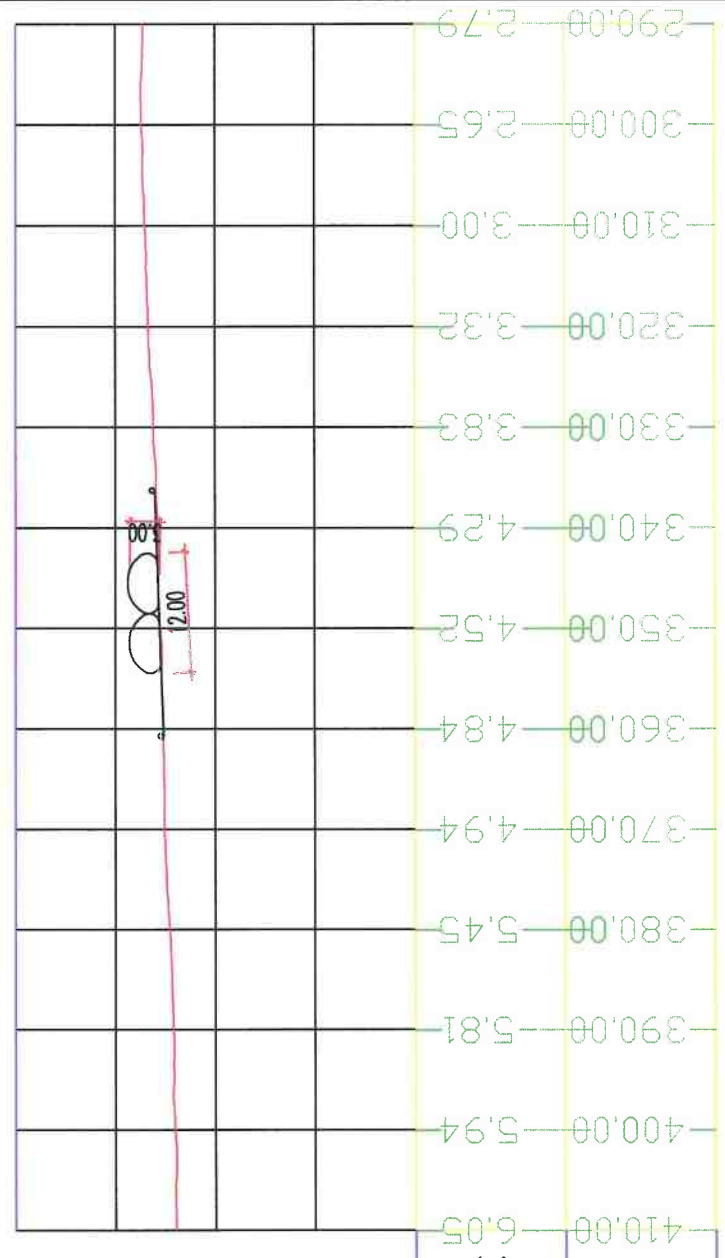


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

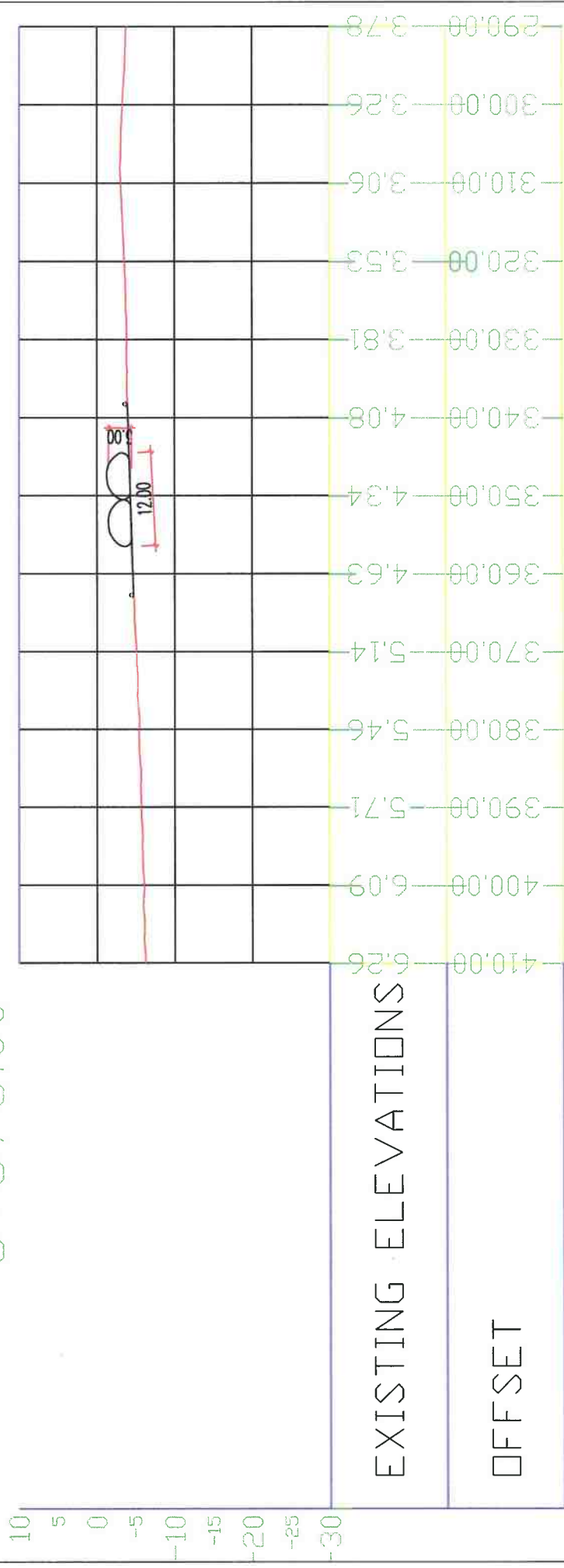
EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

3+325.00



3+375.00

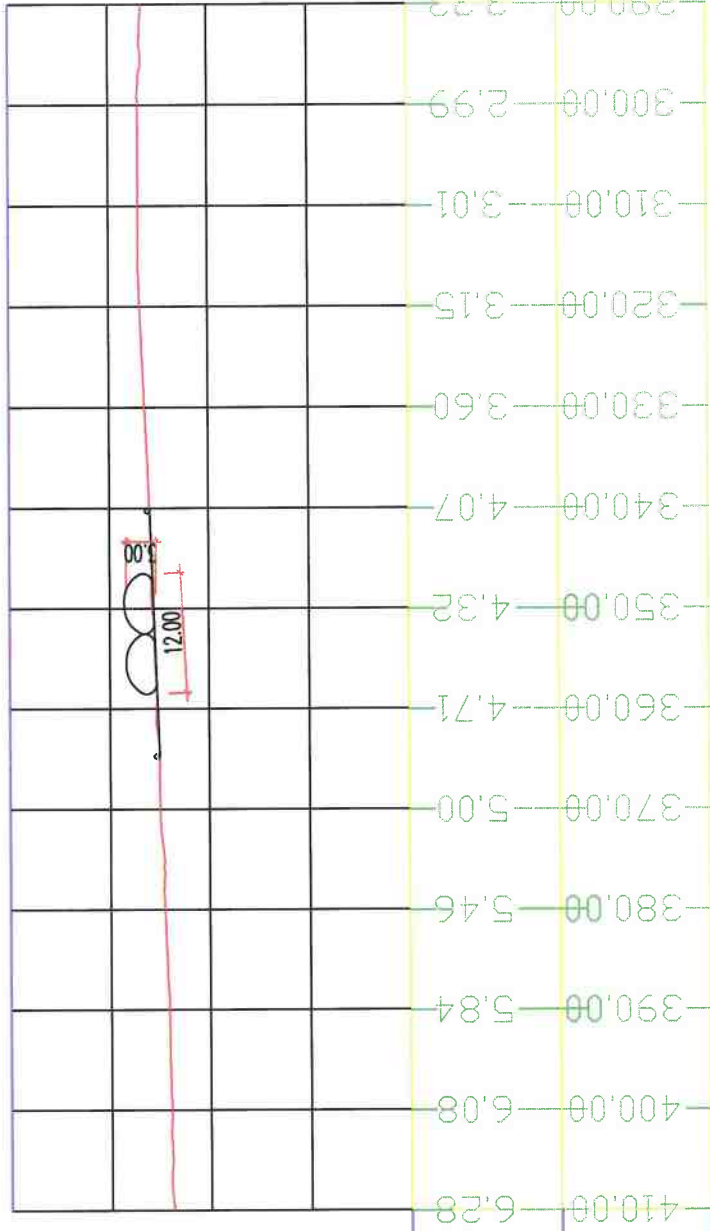


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

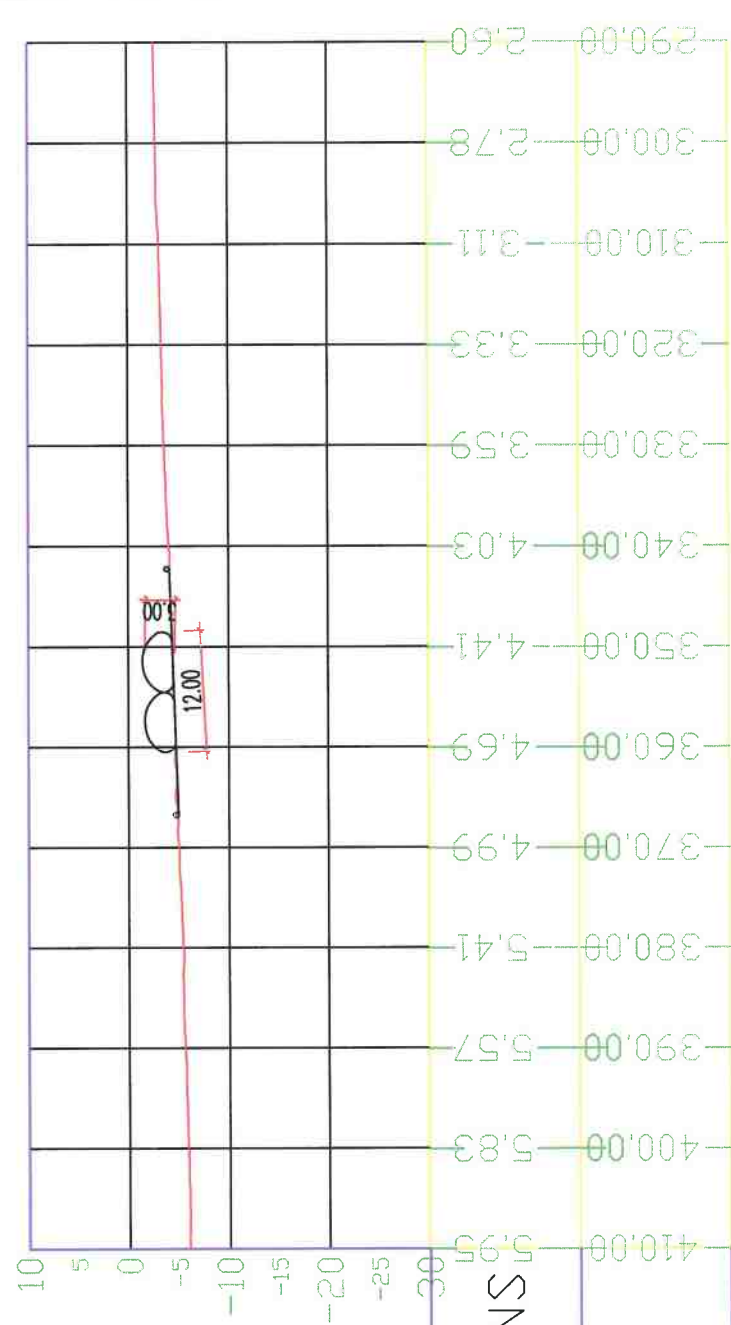
3+425.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET



3+475.00



EXISTING ELEVATIONS

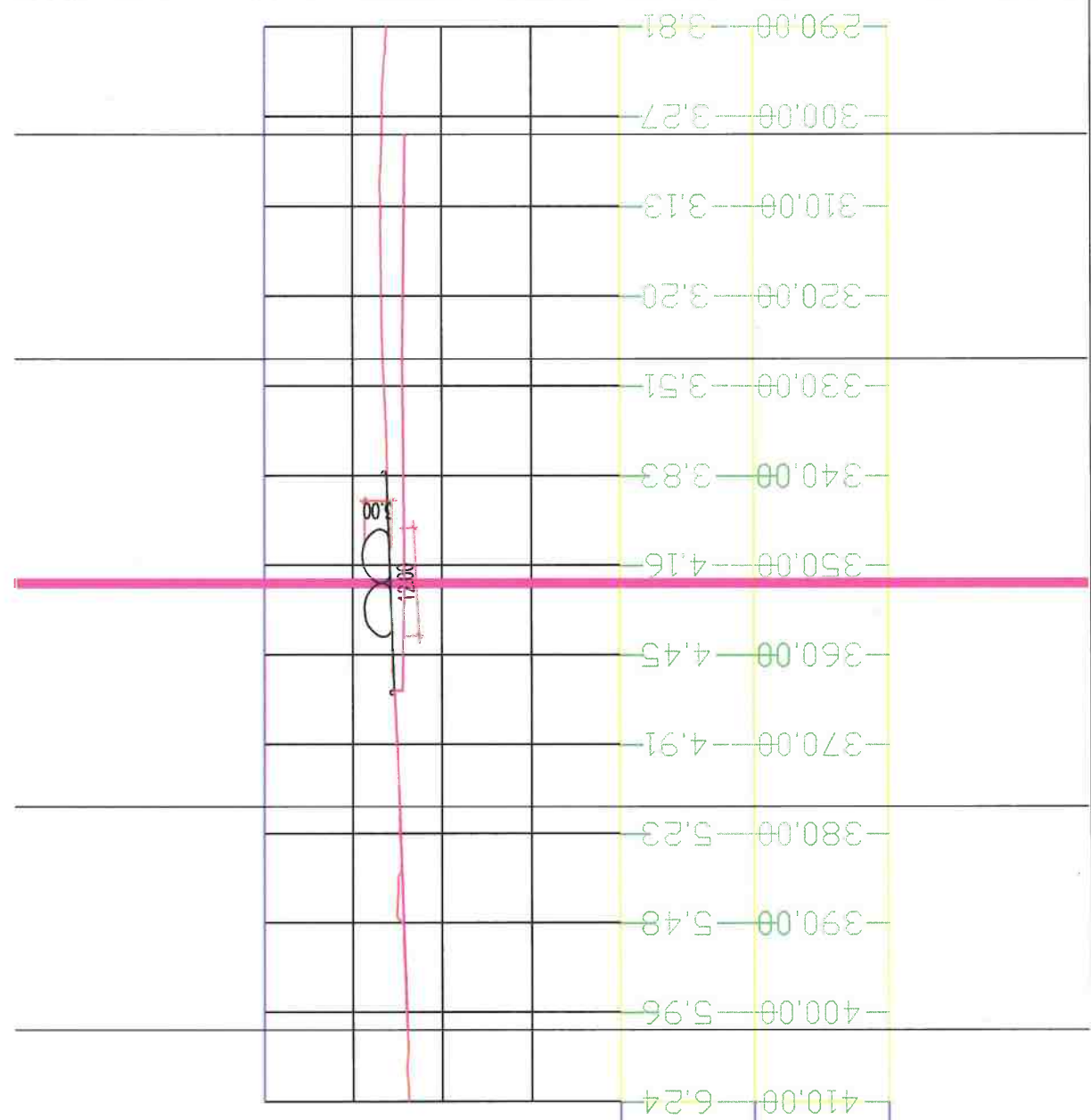
OFFSET

10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+525.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

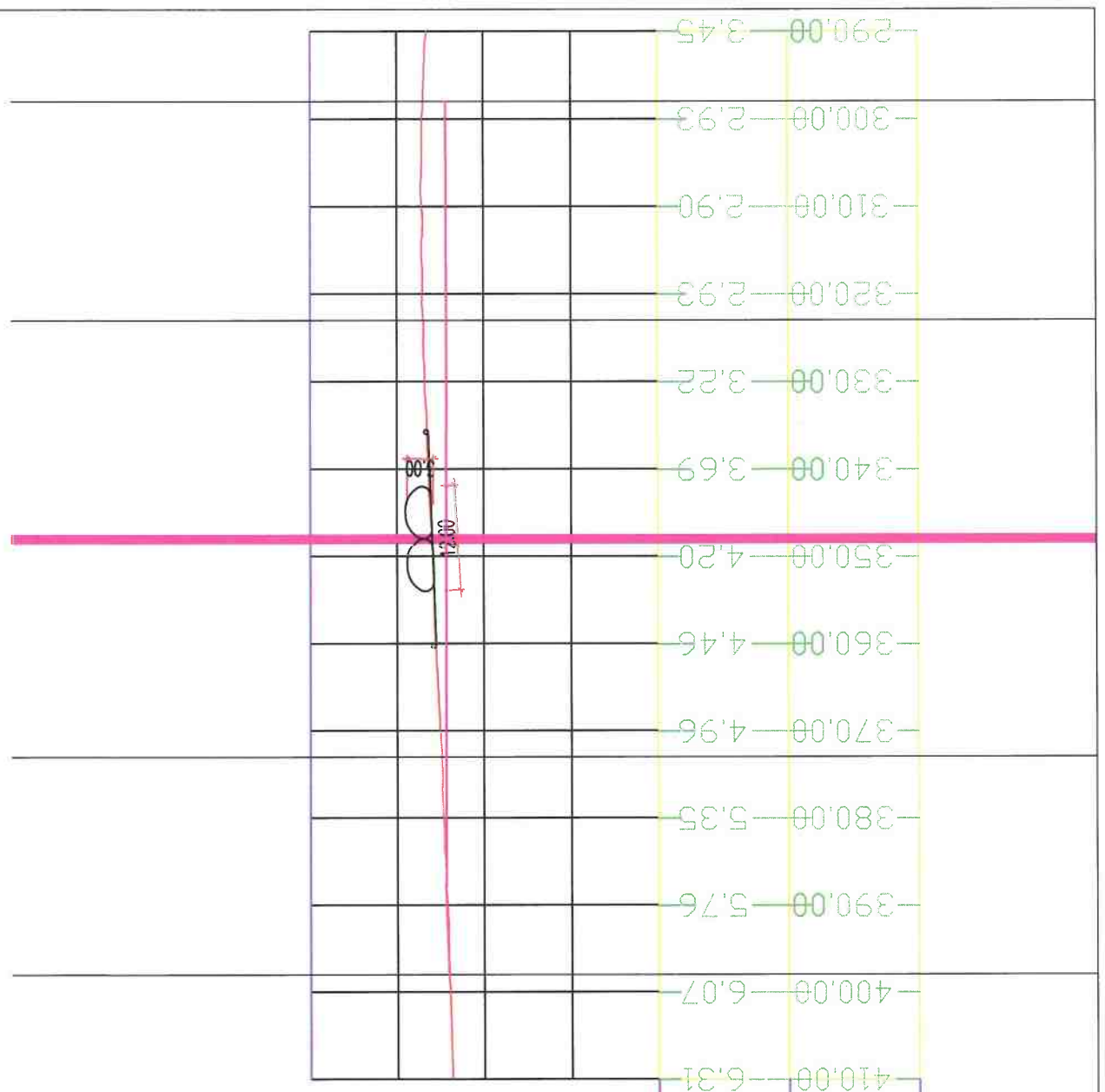


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

3+625.00

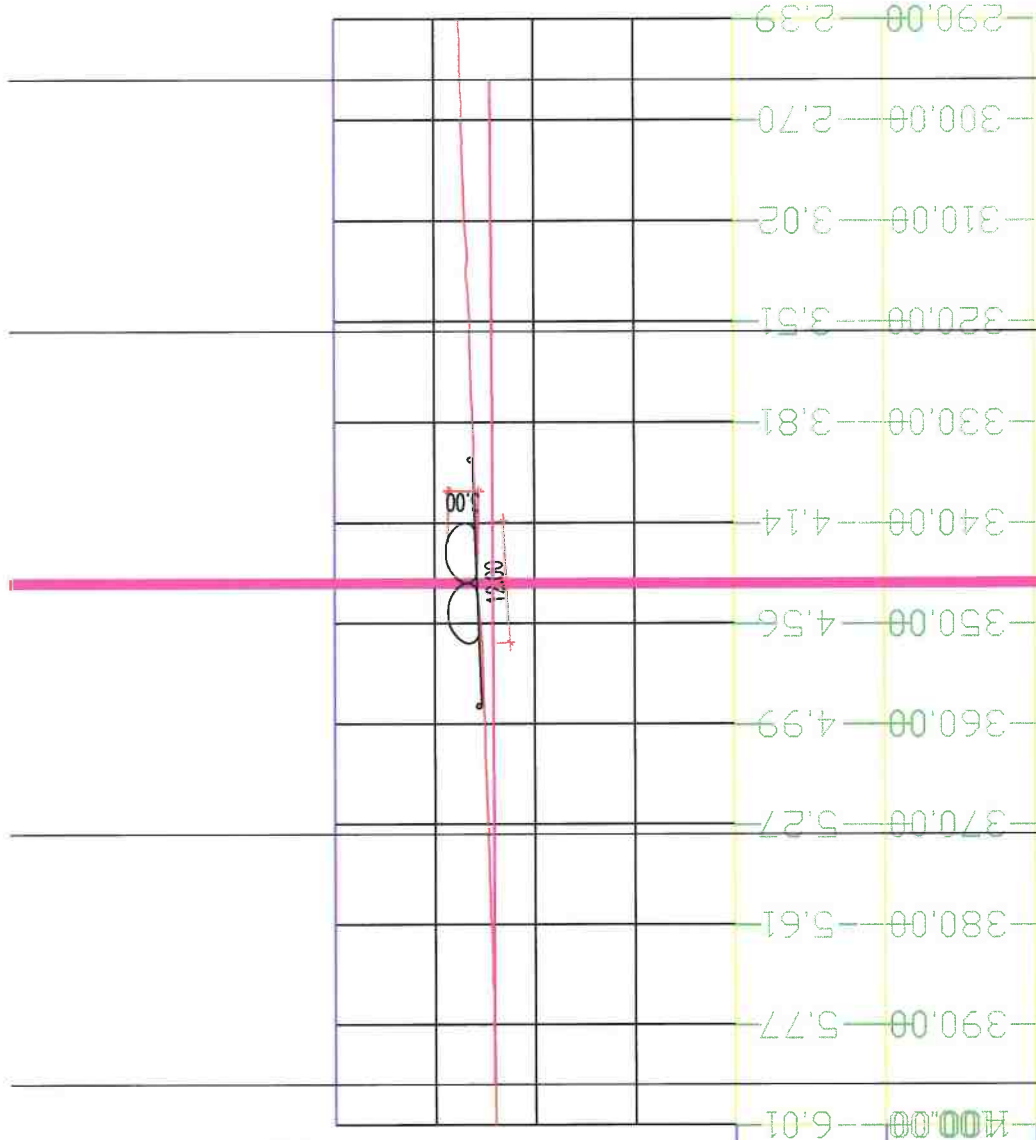


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+675.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET



10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+725.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

400.00 5.95

390.00 5.86

380.00 5.66

370.00 5.39

360.00 5.06

350.00 4.82

340.00 4.53

330.00 4.08

320.00 3.73

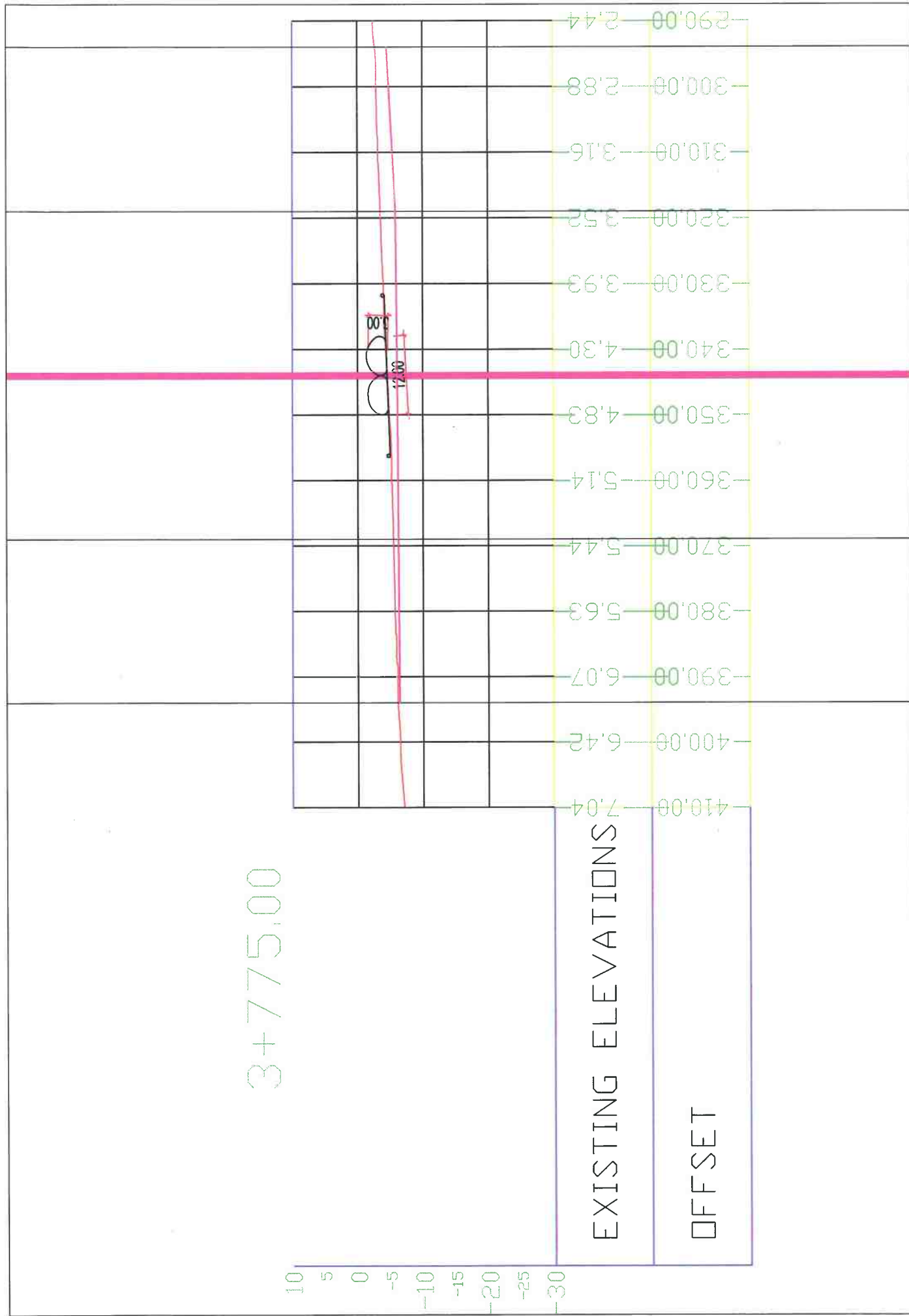
310.00 3.36

300.00 2.92

290.00 2.63

280.00 2.26





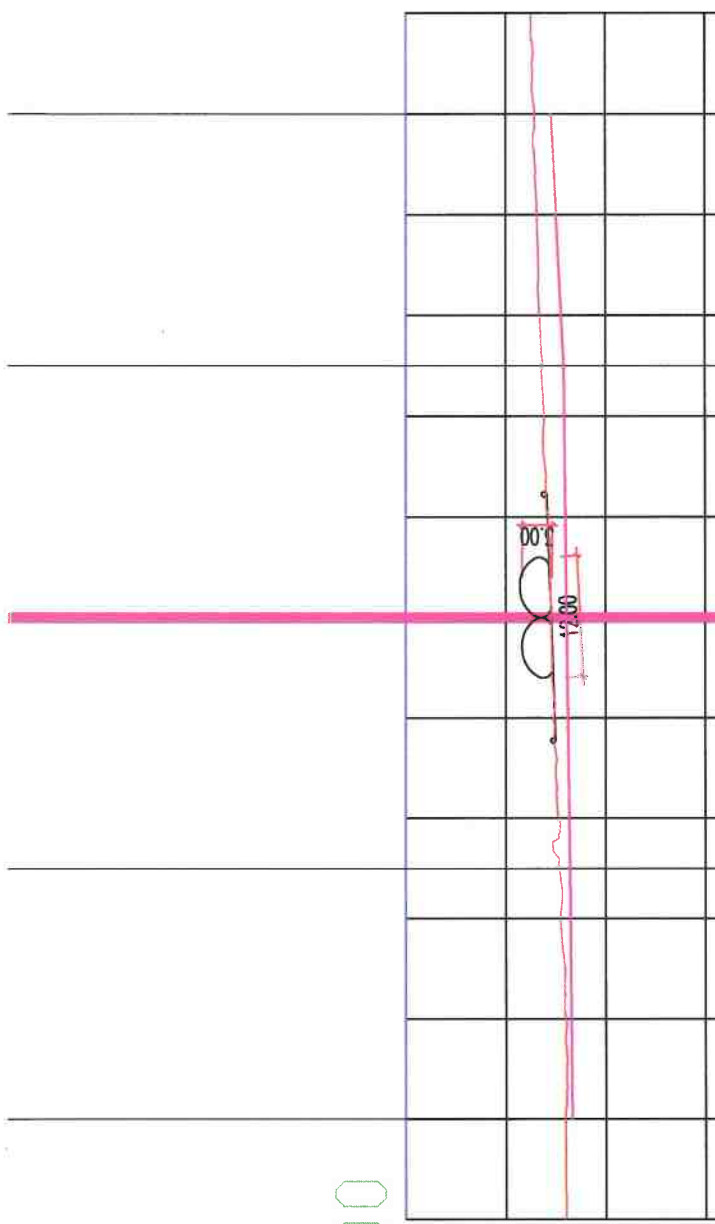
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+825.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

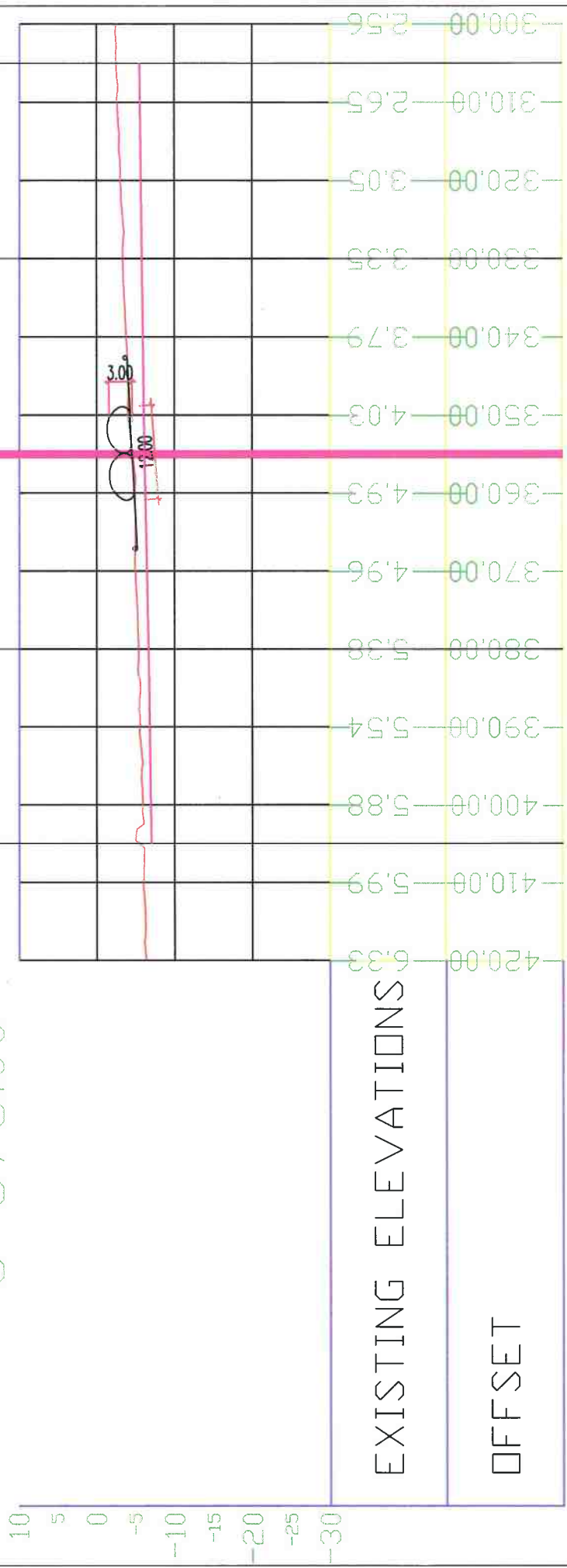
410.00 -6.01
400.00 5.95
390.00 5.98
380.00 5.43
370.00 5.31
360.00 4.80
350.00 4.54
340.00 4.28
330.00 3.83
320.00 3.36
310.00 3.12
300.00 2.90
290.00 2.56



3+875.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

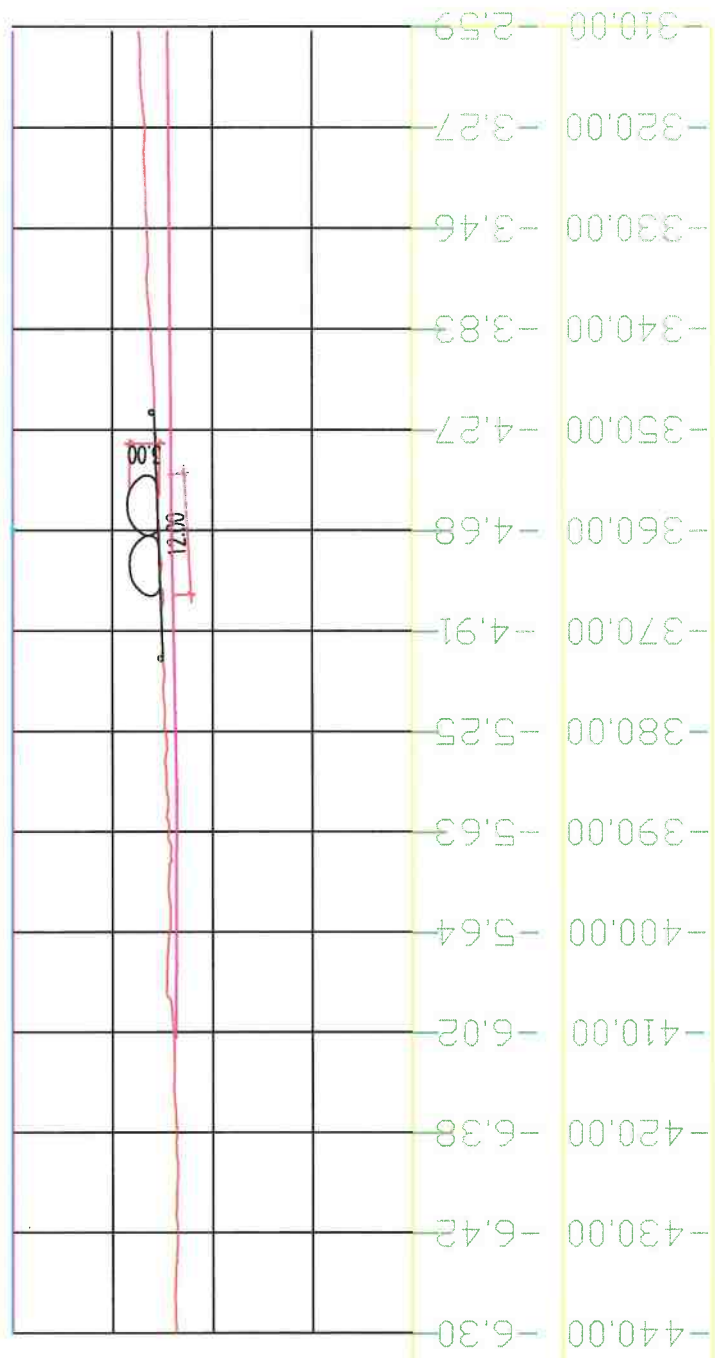


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25

3+925.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

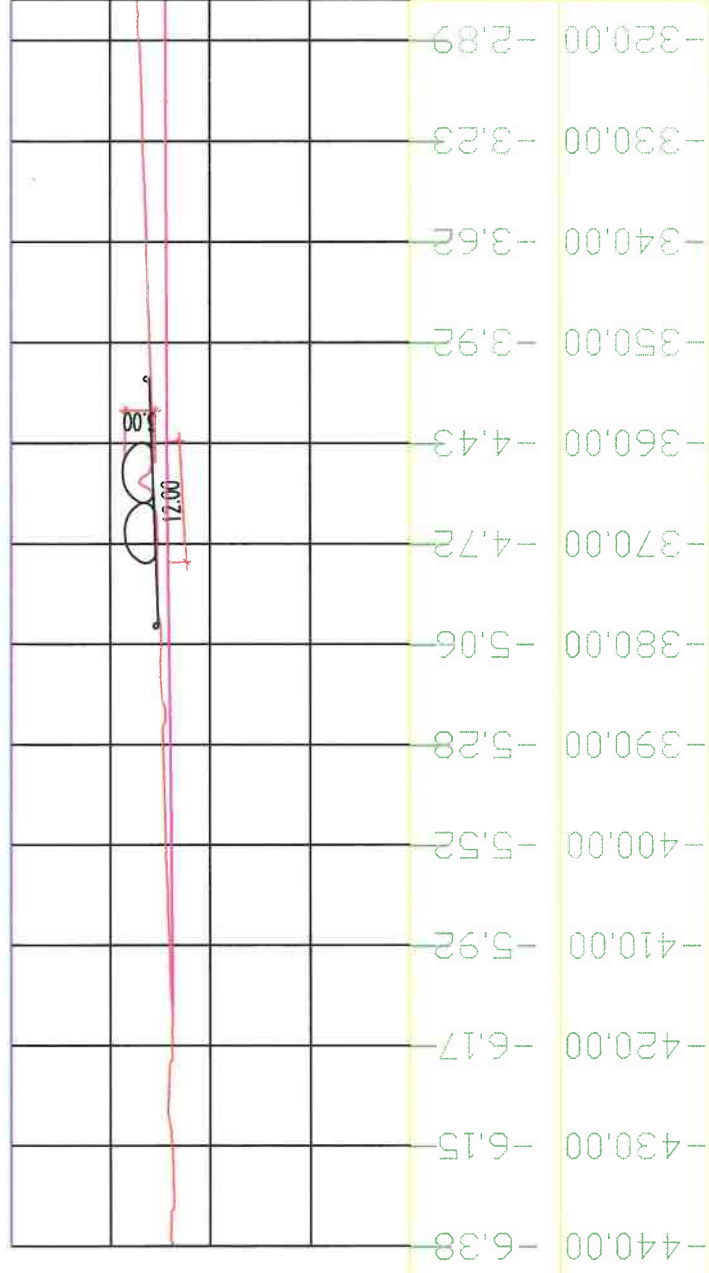


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

3+975.00

EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

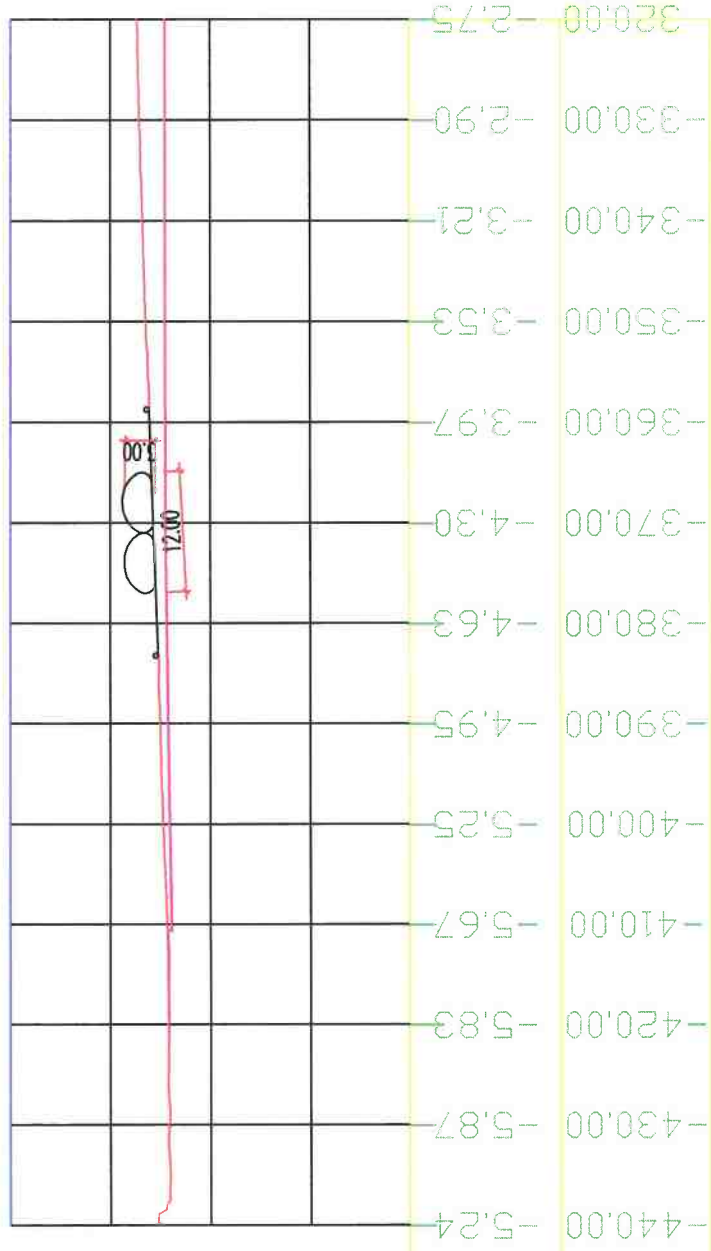


10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

4+025.00

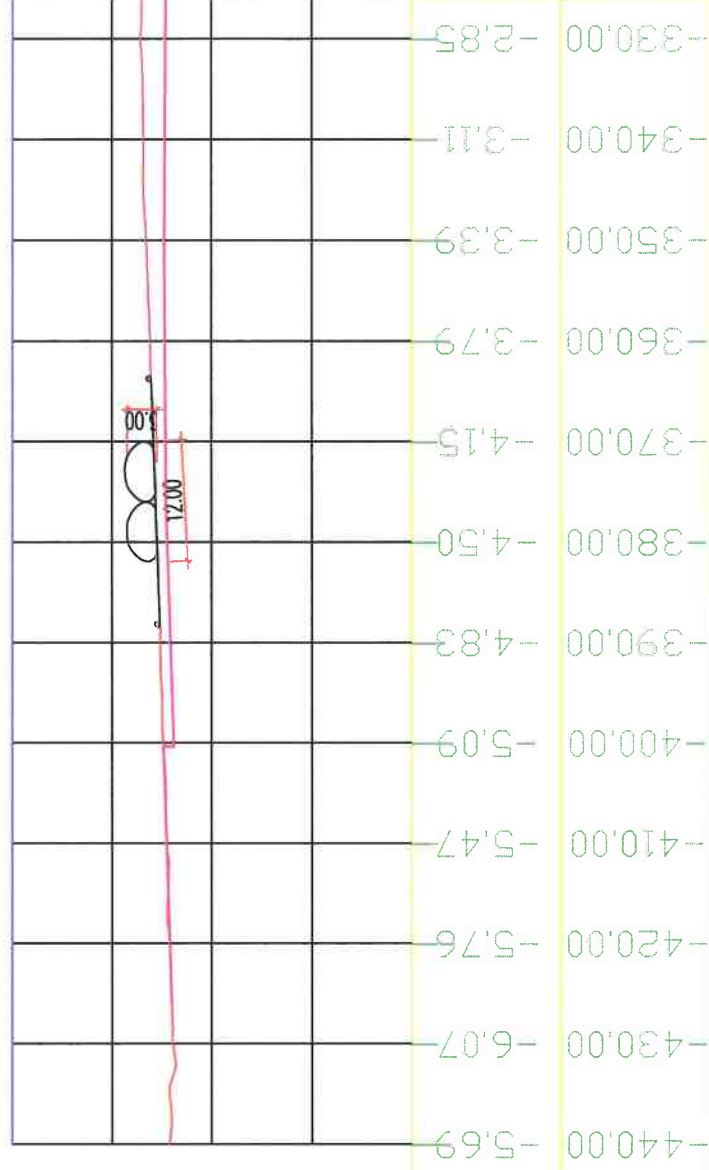
EXISTING ELEVATIONS

OFFSET



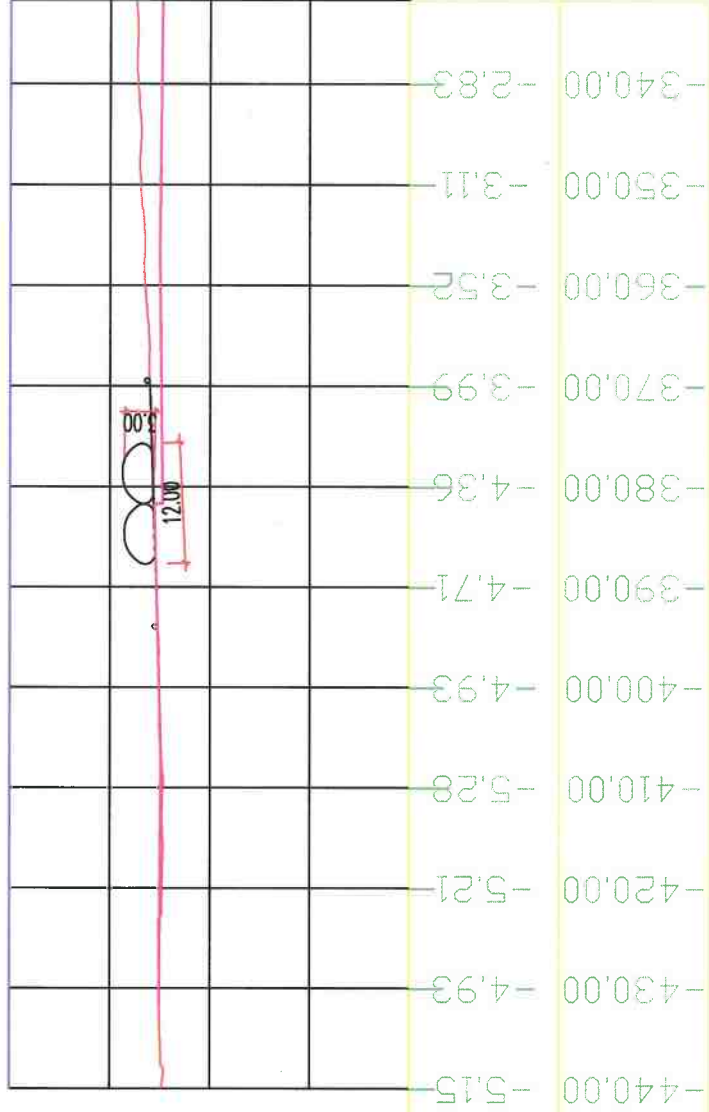
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

4+075.00



10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

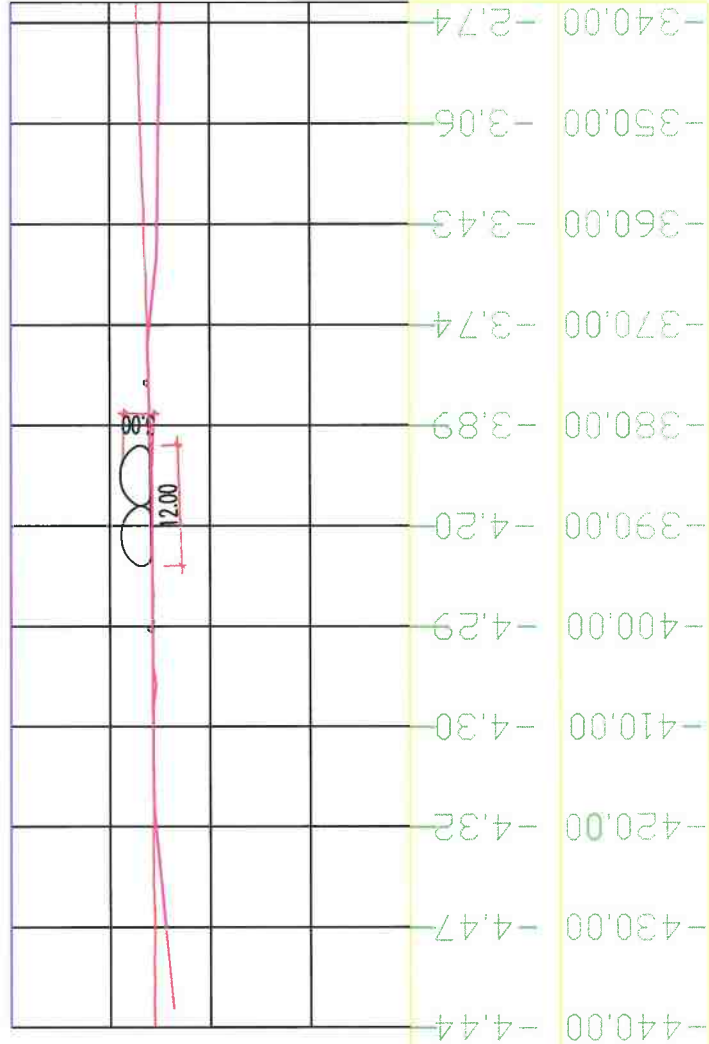
4+125.00



OFFSET

10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

4+175.00

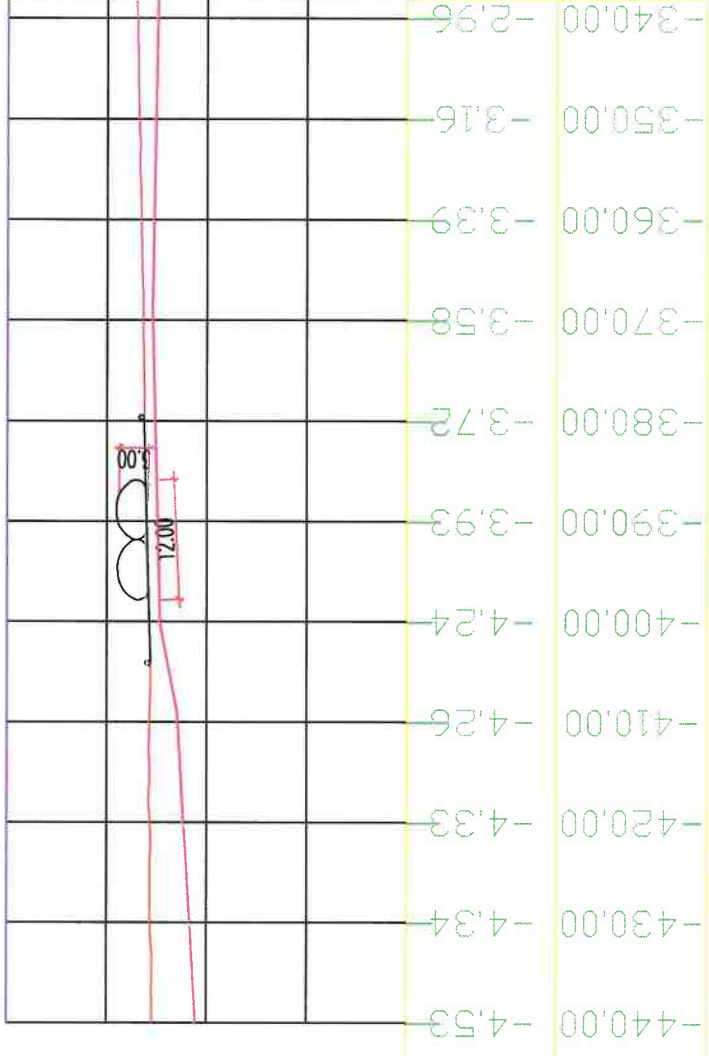


EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

4+225.00

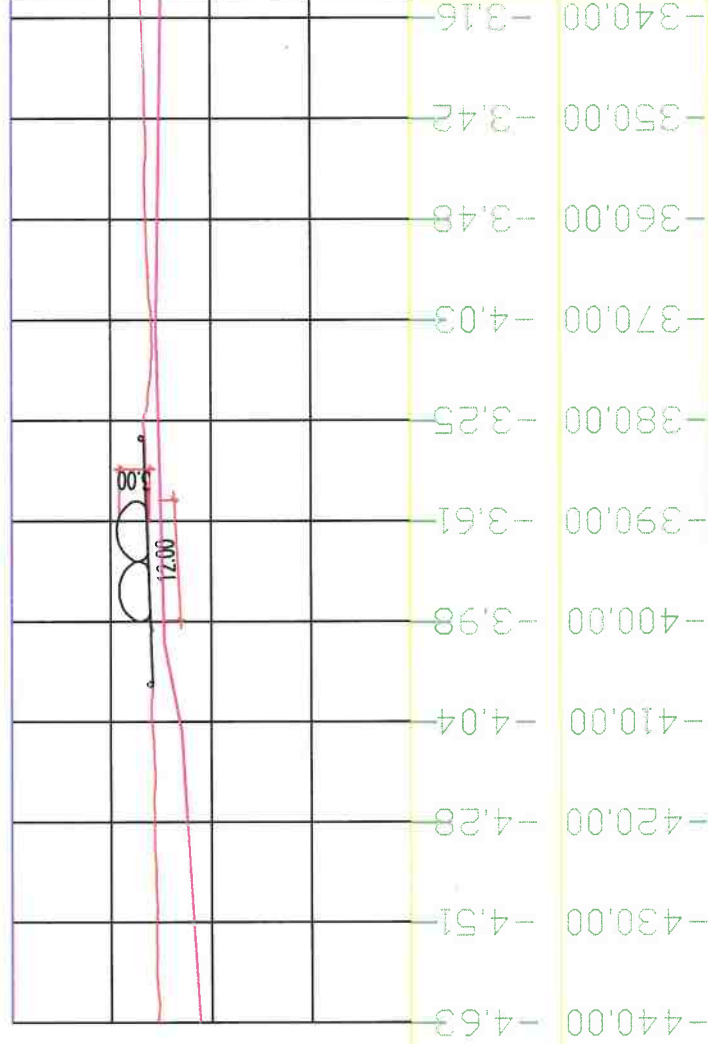


EXISTING ELEVATIONS

OFFSET

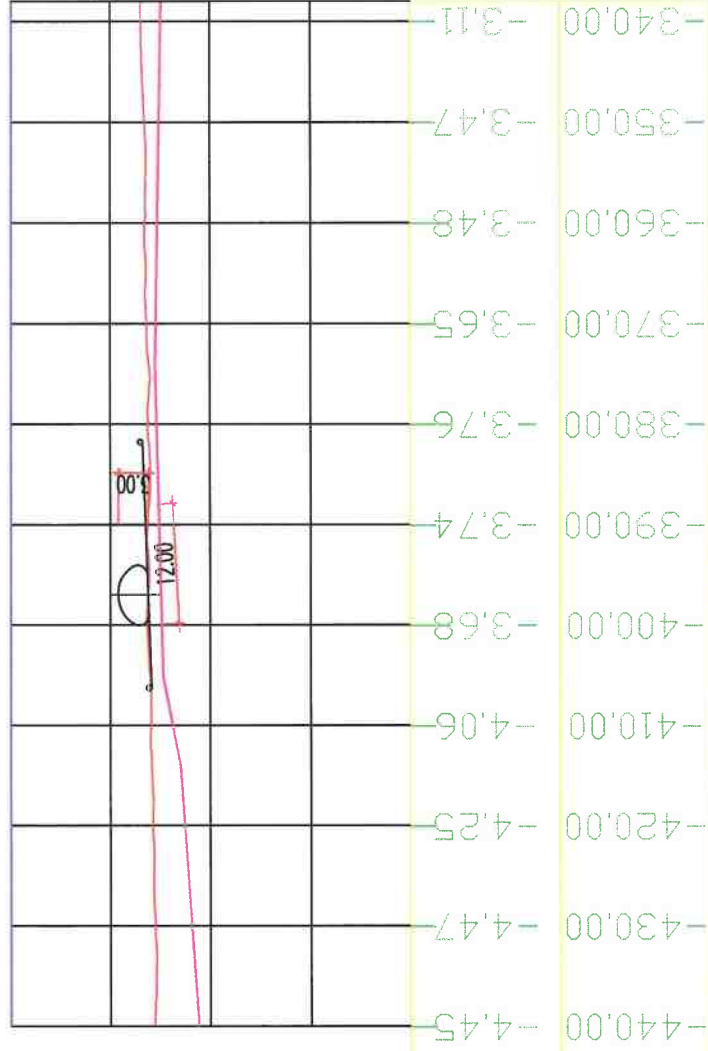
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

4+275.00



10
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30

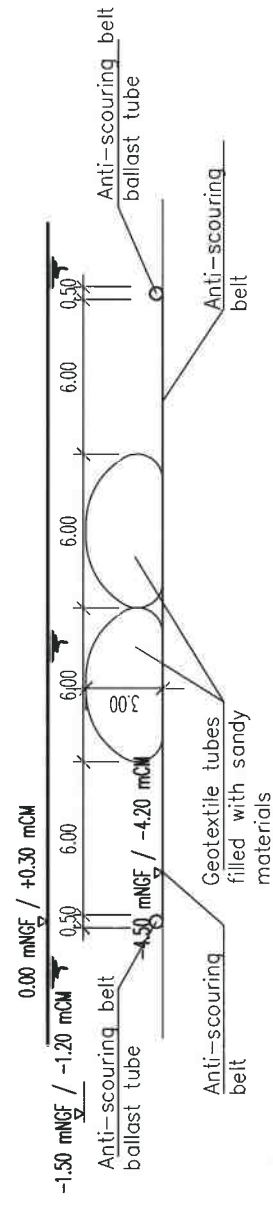
4+325.00



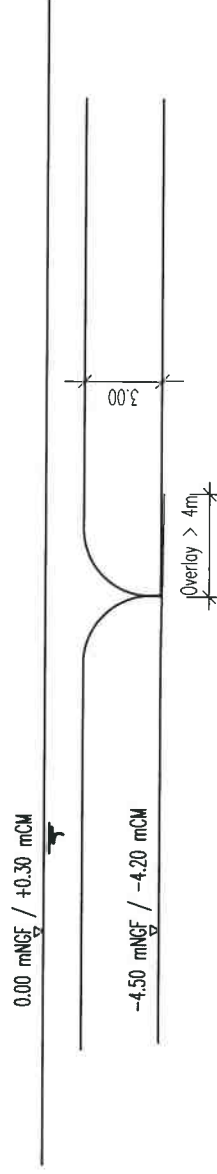
[illegible]

CROSS SECTION AA

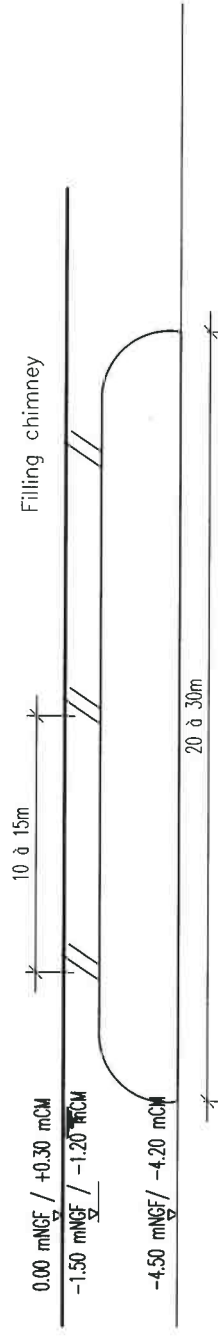
Scale 1/200



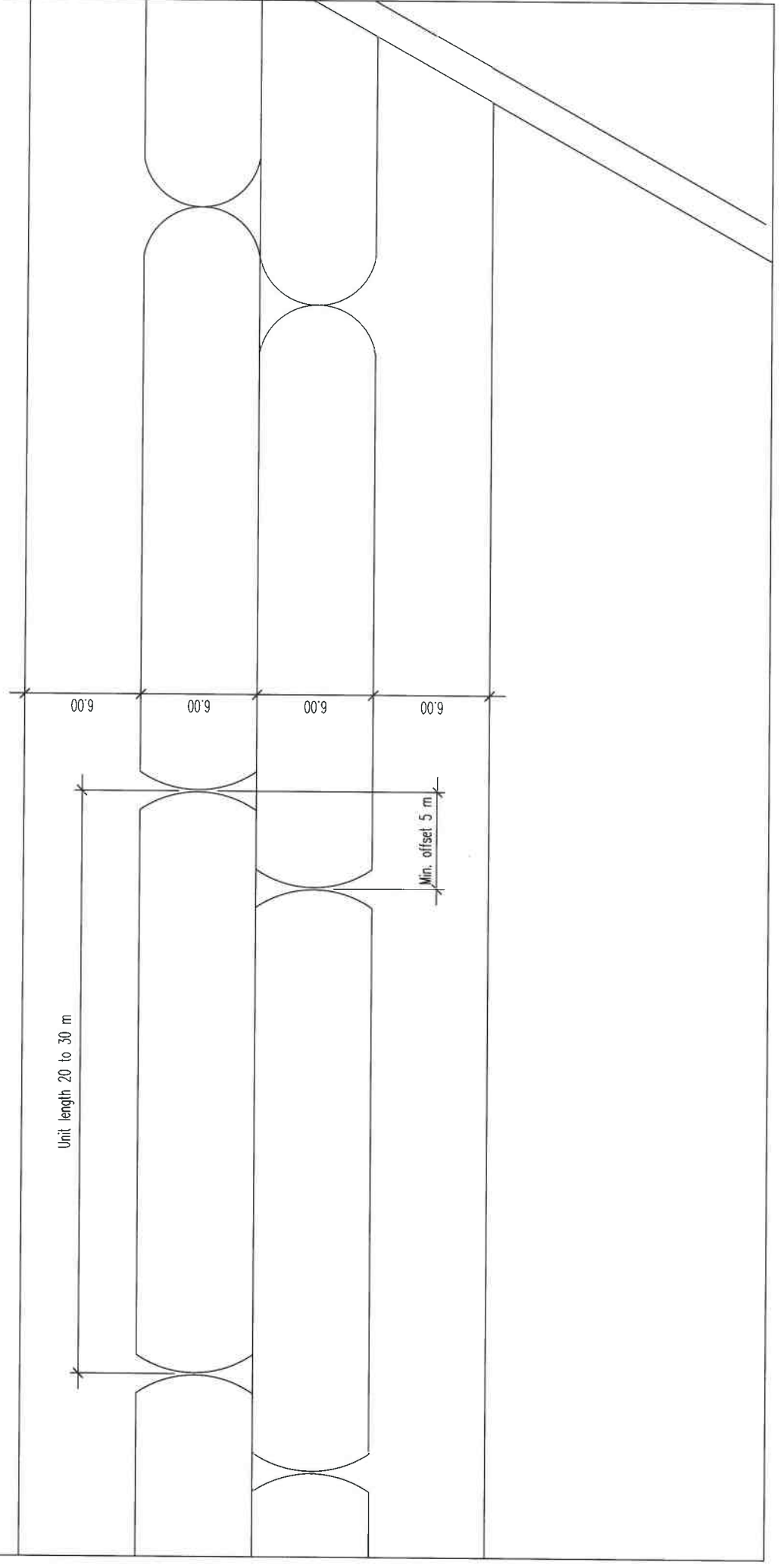
Plan of principle of a covering between textile tubes



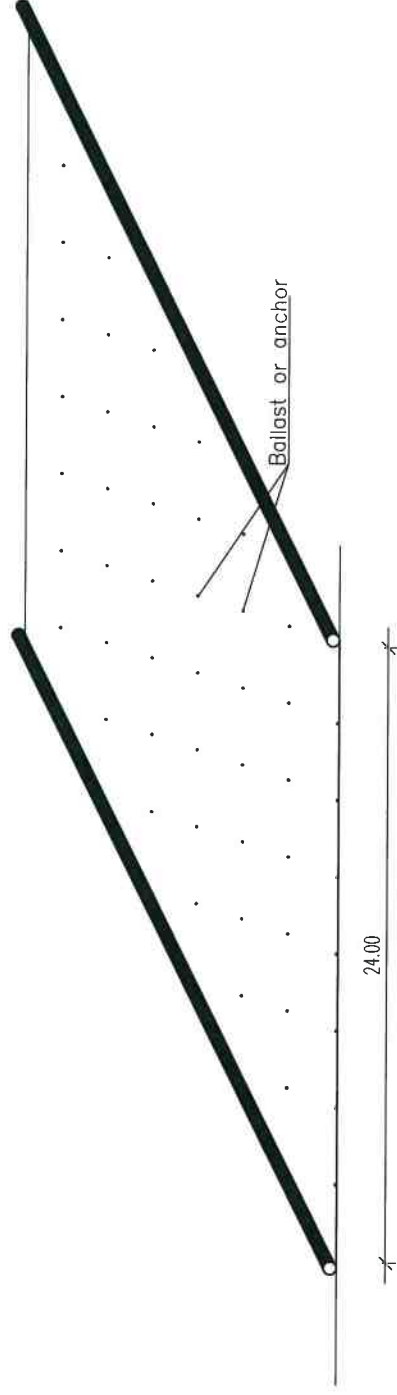
Plan of principle for positioning the filling stacks of a textile tube



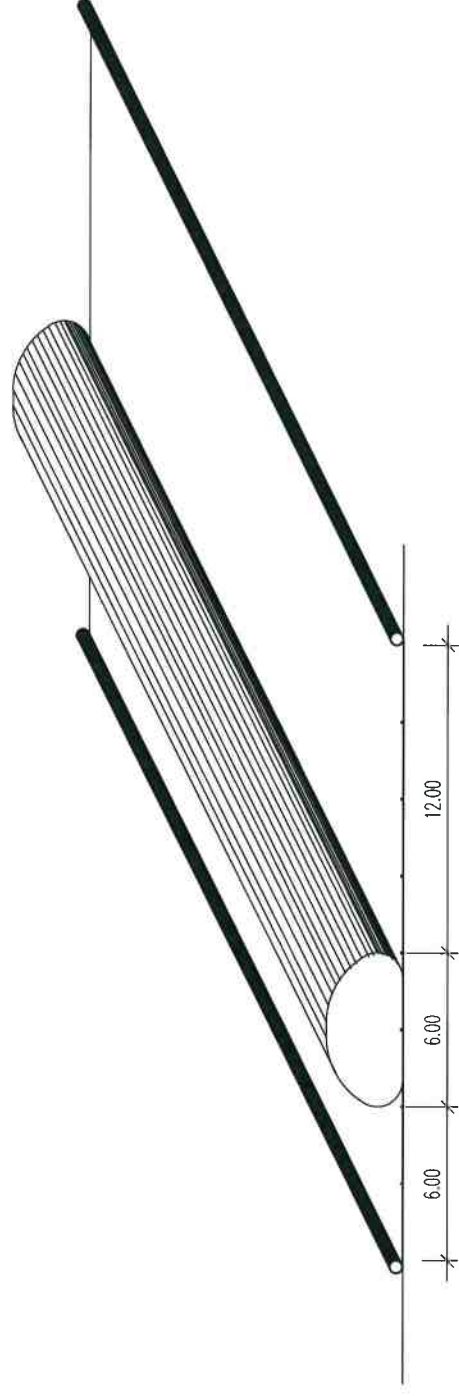
DETAIL



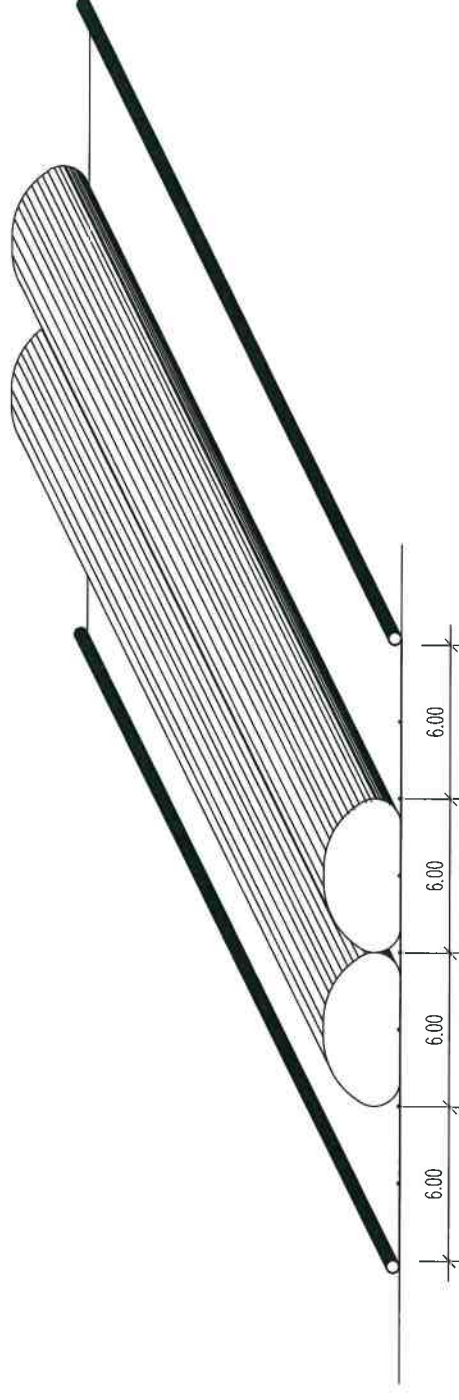
1 – Installation of ballasted or anchored anti scouring mat



2 – Installation of the first geotube



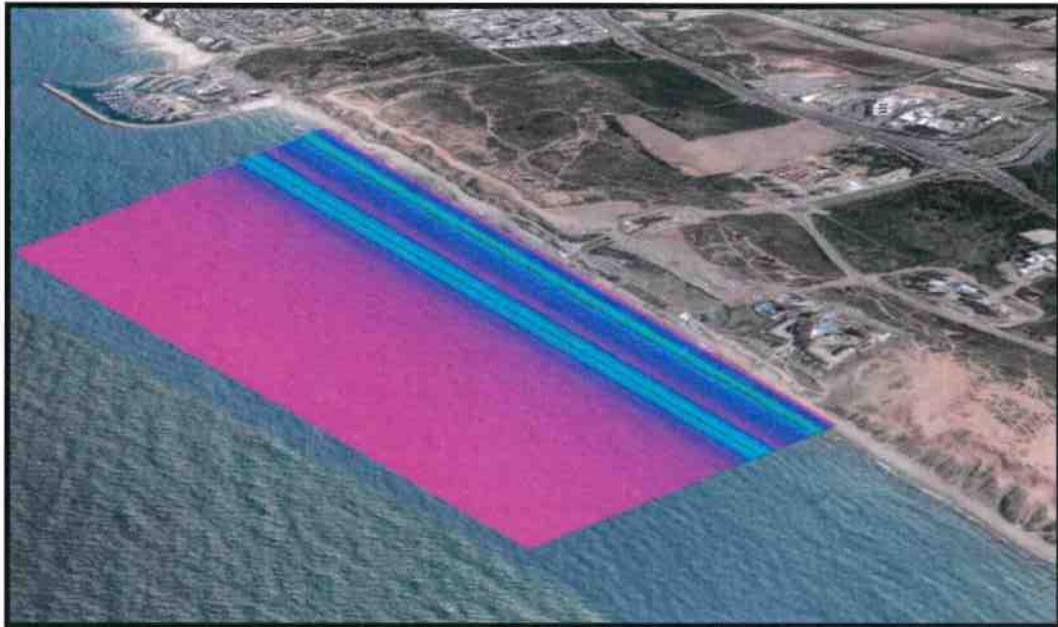
3 - Installation of the second geotube



Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel)

Circulation patterns around defense structures by numerical modelling

BRL Ingénierie



Please quote this report as follows:

BRL Ingénierie, 2017. Coastal defense strategy along hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Circulation patterns around defense structures by numerical modelling. BRL ingénierie report 17-6.

In a few words...

A comprehensive characterization of nearshore hydrodynamics along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel) is performed with the well-known numerical model SHORECIRC (CACR), perfectly adapted to explore wave refraction/diffraction on a complex seabottom and the influence of such wave processes on quasi-3D nearshore circulation patterns. The set of simulations is based on an idealized Hatzuk beach showing a mean slope similar to that observed in the field, a same beach face shape, a same supposed mean position of the main hydraulic sand bar. The modelled beach does not consider some of the most peculiar geomorphic features observed in Hatzuk (scarce rocky submarine outcrops, troughs or irregular distribution of the sediment stock) because they are changing and/or limited in space and time. The computation grid extends towards the closure water depth (w.r.t bedload transport). The model is forced with monochromatic waves characterizing various typical wave regimes from moderate conditions up to extreme storms similar to that observed e.g. December 2010. Such representative wave regimes are estimated after real data measured at israeli wave buoys deployed in intermediate/ deep water depths. For each wave regime, the model is run several times with increasing durations, whose results are compared each other until two successive simulations fit well, which means that the interpretation is based on unambiguous steady state nearshore patterns. For different reasons clearly exposed, the simulations are tainted of error. A sensitive analysis is performed to avoid any ambiguity and over-interpretation. However, assuming that main nearshore hydrodynamic processes are captured correctly, this numerical study provides a very valuable quantification of the possible effects of geotextile tubes that would be deployed in front of Hatzuk beach. For each wave condition, numerical results obtained with a beach without any protection are compared with those extracted from simulations with two different geotextile tubes (a big one and a small one) located at two different positions along the cross-shore profile. In addition, two types of geotextile tubes are considered. A first type of geotextile tube ends laterally within the computation grid so that the effect of wave-structure interactions can be discussed; the other type of geotextile extends alongshore over the whole computation grid and is representative of the hydrodynamic effect far beyond the lateral boundaries of the defense structure. An obvious comparison of all the results demonstrates that the deployment of any geotextile tube in the nearshore like those considered for Hatzuk project (i) does not increase wave energy dramatically (always less than $\approx 34\%$), (ii) does not alter alongshore current (positive or negative discrepancies less than $\approx 20\%$ in magnitude) and thus does not threat any stake at the lee side of Hatzuk (e.g. Herzilia zone), (iii) redistributes partly the maxima of wave energy and currents differently with respect to the unprotected configuration, without any consequence for the general behaviour of the beach system and (iv) drives local increase of currents and energy at both ends of the geotextile tubes in a limited area (of the order of several tens of meters from the geotextile tube ends). Conversely, several configuration where the beach is protected by a geotextile tube drive significant reduction of currents and wave energy in strategic areas (that of the hydraulic bars), which confirms what is suggested by physical experimentation.

Contents

1	Introduction	4
2	Modelling strategy & methodology	5
2.1	Principle	5
2.2	SHORECIRC for nearshore circulation modelling	7
2.3	REF-DIF for wave propagation modelling	8
3	Numerical setting	8
3.1	Bottom and defense structure configurations – computation grid	8
3.2	Set of computations (forcings and seabottom configurations)	9
4	Results	11
4.1	Presentation of the outputs	11
4.2	Sensitive analysis	11
4.3	Waves with normal incidence	12
4.3.1	Simulations for the configuration ORIGIN with normal waves	13
4.3.2	Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with normal waves	19
4.3.3	Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with normal waves	31
4.4	Waves with 15° relative incident angle	43
4.4.1	Simulations for the configuration ORIGIN with 15° wave incident angle	44
4.4.2	Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with 15° wave incident angle	50
4.4.3	Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with 15° wave incident angle	62
4.5	Waves with strong relative incident angle	74
4.5.1	Simulations for the configuration ORIGIN with 30° wave incident angle	74
4.5.2	Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with 30° wave incident angle	81
4.5.3	Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with 30° wave incident angle	90
5	Conclusion	99

1 Introduction

The term geotextile refers to a wide category of robust man-made woven fabrics used in civil engineering to coat granular material, to prevent clogging by fine sediment particles and for many other usages. Originally, the term geotextile tube – or simply geotube – in coastal engineering refers to decametre long and metre wide sockets made of UV-resistant geotextile adapted to marine environment which are used to be deployed mostly onto the emerged beach to stabilize sand or nearby the wave closure depth to stop losses of sediment driven by currents. Through language evolution, the term geotube now refers to any structure made of geotextile that helps the beach system to recover health. Its functions can be largely extended to the control of nearshore hydrodynamics, water levels, energy distribution, morphodynamic control by supervision of hydrodynamics. Deploying geotubes is a kind of soft engineering, or even reverse engineering in the way that it uses tentatively the proper features of the natural system to influence its intrinsic evolution rather than to dictate a behaviour based on a partial understanding of its dynamics or defined after the immediate goal to achieve.

Along the Hatzuk Beach (Fig. 1) to the North of Tel Aviv (Israel), it has been decided to deploy geotextile tubes aiming at fighting against on-going erosion of the emerged beach and abrasion of the cliff foot observed at several locations (BRL Ingénierie, 2017c). More generally, expectations are placed in the ability of such a type of defense structures to protect the whole nearshore beach system and to favor a beach widening of several tens of meters.



Figure 1: Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).

A coastal defense strategy based on the intelligent design of defense structures requires investigating several perspectives complementing each other to ensure that final recommendations to the decision makers are devoid of subjectivity and convincing enough to reach consensus. This report is part of such a global strategy which includes what follows:

1. determine what are the best shape, location and features for geotubes specifically dedicated to the protection of the Hatzuk beach system;
2. estimate the efficiency of the geotubes with respect to various targets (erosion, submersion, natural nourishment of the beach, general health of the beach);
3. check that a solution based on geotubes has a negligible impact on the regional circulation, especially downstream;
4. quantify the alteration of currents and waves nearby the geotubes and the possible subsequent scouring around geotubes;

In the list above, the present report is dedicated to points (3) and (4) mostly. It is based on performing numerical simulations with an adapted numerical model (SHORECIRC, an open-source software continuously developed at CACR since the 90' and based on robust and clearly exposed physical hypotheses). In the following, we first explain the modelling strategy and all details relative to the setting of the simulations. Then a summary of the sensitive analysis is presented. Last, results are exposed and interpreted in the same time. The writing of this report depended upon some results from [BRL Ingénierie \(2017a\)](#), where best geotubes for Hatzuk have been calculated. Some informations for the modelling setting have been extracted from [BRL Ingénierie \(2017c\)](#) and others relative to the naming of the geotextile tubes categorization come from [BRL Ingénierie \(2017b\)](#). The main insights from the present report are collected and synthetized in the PHASE 2 general report from BRLi ([BRL Ingénierie, 2017d](#)).

2 Modelling strategy & methodology

Modelling the nearshore hydrodynamics is not straightforward as this environment is complex, showing highly non-linear processes, coupling processes at various spatial and time scales, concerning the physics of different phases (water, air, sediment, rocks) acting on complex versatile topologies (highly changing seabottom, shoreline unstabilities,...). In such a context, the numerical modelling in a realistic way is still an academic scientific questioning. First, the principle of the numerical modelling strategy chosen for this work is exposed. Then technical details are provided, including number and type of simulations (forcings, topology).

2.1 Principle

The more relevant definition of Hatzuk beach as a physical system is to say that it is a domain for which the immersed part (= more than a few tens of decimeter of water depth) must satisfy the shallow water approximation of fluid mechanics (e.g. [Batchelor, 1967](#); [Bonnefille, 1994](#)). This definition is still ambiguous because the term shallow water encircles ideas and concepts somewhat different depending upon one considers it from fluid mechanics or physics of waves.

Indeed, the shallow water hypothesis of fluid mechanics refers to the fact that the order of magnitude of the horizontal components of the water mass velocity is great with respect to that of the vertical component. This hypothesis means that the calculation of the vertical component can be circumvented by integration over the water column in the equations describing the water velocity (Navier Stokes

or alternative formulations such as Euler, Reynolds; see [Phillips, 1977a](#)). This does not prevent to calculate a moderate vertical component of the fluid velocity, derived by continuity from the horizontal components. Another consequence of the hypothesis is that the horizontal components of the fluid should be constant over the water column because they are integrated.

Another way to define the shallow water is to not consider the water mass kinetics but alternatively the physics of waves. Several strategies exist aiming at describing the dynamics of gravity waves (or equivalent) at the surface of a fluid ([Mei, 1989](#)). Some are based on mathematical representations of the velocity potential and of the free water surface derived from the shallow water hypothesis as defined above; those methods tentatively circumvent the too much restrictive definition of the shallow water assumption. They consist in : (a) superimpose several mathematical models over the vertical, dealing with interface as efficiently as possible, (b) parametrize (Quasi 3D point of view) the vertical shearing of the horizontal velocities ([Putrevu and Svendsen, 1999a](#)), (c) use formalisms based on an integration of fluid velocity, keeping informations on vertical structure of the current, which usually results in the emergence of some kind of non-linearity in the equations. In such a case, one usually talk about BSV point of view (Boussinesq Saint Venant). Within that category, there exist famous formalisms such as KdV ([Korteweg and De Vries, 1895](#)), Boussinesq ([Boussinesq, 1872](#)) and all their derivatives. More recently, authors have tried to validate the shape of the waves itself within a part of the cross-shore profile (e.g the inner surf zone after the breaking ; [Bonneton, 2003b](#)) or covering the full cross-shore profile, from the shoaling zone to the swash ([Bonneton et al., 2011](#)); this comprises the Green-Nagdi formalisms ([Marche, 2007](#); [Duran and Marche, 2015](#)).

Many other approaches exist to deal with complex 3D circulation in the nearshore and some syntheses can be found in [Chappelear \(1961\)](#), [Dean \(1965\)](#), [Dean and Dalrymple \(1991b, page 42\)](#), [Dean and Dalrymple \(1991b, page 323\)](#), and many other references since then) or [Dingemans \(1991\)](#). Research is still active on the subject ([Touboul and MORHOCH Team, 2017](#), for a comprehensive state of the art relative to the vertical shearing) and tentatively overcomes all the limitations mentioned above ([Touboul et al., 2016](#); [Touboul and Kharif, 2016](#)).

Last, alternative solutions to describe the propagation of waves in the nearshore exist: (i) probabilistic point of views (for an introduction [Bonneton, 2003a](#); [Chailan, 2015](#)), (ii) points of view based on the brutal solution of Navier-Stokes (typically in the french community: [Lubin et al., 2003, 2006](#)), (iii) approaches close to the mechanics of particles (the water being considered as a discrete material) ([Monaghan, 1994](#); [Oudari et al., 2013](#)). A comprehensive state of the art is being published by [Kirby \(2017\)](#).

In this work, we assume that simulations at the scale of the geotextile tube and its neighborhood (let us say a box kilometer wide) can be handled correctly by Boussinesq-like / Saint Venant approaches. We choose a Quasi-3D approach that handles shallow water equations including basic wave-wave transformations, infra-gravity emergence, and a classic vertical stratification of the current. The main forcing considered are waves ([CAMERI, 2013](#); [BRL Ingénierie, 2017c](#)). A robust model satisfying these constraints is SHORECIRC, from CACR ([Svendsen et al., 2002](#)).

There are no data available in the field to validate the numerical results within the zone of interest. In addition, there are no data available to force directly the model as the only in-situ wave record are punctual (wave buoys) and located far beyond the offshore boundary of the simulation grid.

To circumvent the first limitation, a sensitive analysis is performed to check whether or not very small changes in input parameters strategic for the study (like the incident wave angle) may result in significant alteration of the outputs (typically the magnitude of the alongshore current). Since such non-linear effects do not arise in the simulation, the results can be considered qualitatively correct.

To circumvent the second limitation, we define a set of typical mean wave forcings representative of the observed storms in the region as described in [CAMERI \(2013\)](#) and of the most possible energetic events (typically similar to a December 2010 storm). This results in the set of triplets made of a mean

wave amplitude, a mean period and incident wave angle. Those triplets are set as forcings at the offshore boundary of the computation grid, and the model is run enough time to get quasi-stationary circulation patterns and other hydrodynamic features, which are then plotted and interpreted. This strategy has been validated by the regulator of the project (on November 21th, 2017) as being the most credible strategy in the absence of in-situ data for the project.

2.2 SHORECIRC for nearshore circulation modelling

SHORECIRC is a so-called quasi-3D hydrodynamic model that computes the nearshore circulation on a rectangular grid (alternatively curvilinear, not used here), under the combined action of wind and waves. It was developed by the University of Delaware in the framework of the Nearcom project (Shi et al., 2003). Now, several modified versions can be found (Svendsen et al., 2004a; Shi et al., 2004), including the one developed at University Montpellier II (Bujan, 2009), which can deal accurately with irregular shoreline, emerged structures, Coriolis forces and Neumann boundary conditions in addition to its classical features.

To run SHORECIRC, a wave field on the whole simulation grid is required. It can be imported from any wave propagation tool that can compute monochromatic/polychromatic/spectral waves and provides wave forcing (like REF-DIF for instance since non spectral waves are considered). Non-linear wave interactions, including generation of infra-gravity waves, are simulated in a classic manner (Van Dongeren and Svendsen, 2000).

Like many other nearshore circulation tools, SHORECIRC solves Euler equations integrated over the water column and over the period of a monochromatic wave, assuming first that the total velocity U is splitted in

$$U = U_{circ} + U_{orb} + U_{turb} \quad (1)$$

where U_{circ} refers to a large scale and low frequency motion of the fluid (typically driven by wind), U_{turb} is the turbulent motion (the small scale phenomena that may not be considered at nearshore scale) and U_{orb} refers to the motion of the fluid driven by waves (which varies over depth in general).

The latter velocity is also splitted into two parts

$$U_{orb} = V + U_w \quad (2)$$

where U_w corresponds to the fluid velocity induced by particles movement. This quantity is computed using the linear theory of water waves Dean and Dalrymple (1991a):

$$U_w = -\nabla\phi \quad (3)$$

where ϕ is a potential defined by

$$\phi(x, y, z, t) = \frac{Hg}{2w} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \sin(k_x x + k_y y - wt), \quad (4)$$

with $\vec{k} = (k_x, k_y)$ is the vector wave, H is the wave height and w the angular frequency. These quantities are computed by REF-DIF typically.

$V = V(z)$ represents the vertical variation of the current and satisfies:

$$\overline{\int_{-h_0}^{\zeta} V_i dz} = -\overline{\int_{\zeta_t}^{\zeta} U_{wi} dz}, \quad (5)$$

where $i = 1, 2$ denote horizontal coordinates, ζ is the instantaneous water surface elevation, h_0 is still water depth and ζ_t corresponds to the surface elevation of the wave trough level. This equality conveys

that any vertical variability of the current results from a water waves contribution. After averaging over short wave time scale, the following equations are obtained (with Einstein notation):

$$\frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (U_{circ,i} h) = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (U_{circ,i} h) + \frac{\partial}{\partial x_j} (U_{circ,i} U_{circ,j} h) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial S_{ij}}{\partial x_j} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial T_{ij}}{\partial x_j} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial L_{ij}}{\partial x_j} + gh \frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial x_i} + \frac{\tau_i^B}{\rho} - \frac{\tau_i^S}{\rho} = 0, \quad (7)$$

where S_{ij} are the wave-driven radiation stresses. Again, this quantity is computed using REF-DIF. Indeed, in (7) the radiation stress is defined by

$$S_{ij} = \overline{\int_{-h_0}^{\zeta} (\rho U_{wi} U_{wj} + p \delta_{ij}) dz} - \frac{1}{2} \rho g h^2 \delta_{ij}, \quad (8)$$

p being the total pressure and δ_{ij} is the Kronecker delta function.

T_{ij} , τ_i^B et τ_i^S are the depth-integrated Reynolds' stresses, the bottom shear stresses, and the surface shear stresses, respectively. The term L_{ij} arises from the depth-varying currents and is computed using a perturbation method (Zhao and Svendsen, 2003; Putrevu and Svendsen, 1999b).

Finally, equations (6) and (7) provide information over the mean water surface η and U_{circ} which is our concern in this report.

2.3 REF-DIF for wave propagation modelling

In the study presented here, the water wave propagation and the transformation of a forward scattered wave field along an irregular mild slope is computed using an adapted version of REF-DIF (Kirby and Dalrymple, 1983). Basically, the governing equation is a combination of the Berkhoff's equation (Berkhoff, 1972; Radder, 1979; Booij, 1981) and the diffraction equation on a plane bottom (Mei, 1989), numerically solved by an implicit finite difference method (Kirby and Dalrymple, 1994, 1995). It takes into account both refraction and diffraction phenomena, wave attenuation through various mechanisms including that described by Phillips (1977b) and Dean and Dalrymple (1984). REF-DIF does not manage wave reflexion nor process-based wave breaking over sand bars. However, the software takes into account wave breaking through a semi-empirical approach (Dally, 1985; Kirby and Dalrymple, 1986). REF-DIF includes some improvements of a dispersion equation for shallow water and effects of superimposed current (Hedges, 1976). REF-DIF has been efficiently validated in various configurations (van Dongeren et al., 1994; Svendsen et al., 1997; Chawla and Kirby, 1998; Svendsen et al., 2002, 2004b). Moreover, it belongs to the Berkhoff inherited models that have been already used for the design of defence structures (Zanuttigh and Ceccherelli, 2005). Outputs at each point $\mathbf{x} = (x, y) \in \Omega$ (Ω is the simulation grid) concern wave amplitude $A(\mathbf{x})$, wave frequency σ , wave number $k(\mathbf{x})$, wave angle $\theta(\mathbf{x})$, or any inherited physical parametre such as orbital velocity:

$$U_{orb}(\mathbf{x}) = \frac{Agk}{\sigma} \cos(\mathbf{k} \cdot \mathbf{x}) \quad (9)$$

with $\mathbf{k} = (k \cos \theta, k \sin \theta)$ the wave number vector.

Bouchette (2001) modified the computation of lateral boundary conditions, and proposed some improvements to limited local unrealistic exaggeration of $A(\mathbf{x})$. They are embedded in the current version of REF-DIF used for this study.

3 Numerical setting

3.1 Bottom and defense structure configurations – computation grid

We use SHORECIRC on a rectangular domain Ω whose size is $1210\text{ m} \times 1340\text{ m}$ divided in a rectangular grid of 121×134 cells so that the spatial resolution of the simulation is 10 m for the velocity field. The wave modulus REF-DIF is used to compute the wave field over the same domain Ω with a rectangular grid of 1210×1340 (spatial resolution at 1 m). The refinement of the REF-DIF grid is pivotal to get relevant wave numbers and wave directions when fair weather waves are propagated.

The figure 2-top shows a realistic digital elevation model of the Hatzuk beach and surrounding areas (a grid interpolated on 578×99 cells with a spatial resolution set to 10 m). From this $\approx 6\text{ km}$ long realistic DEM, we select a sub-domain extending from the vicinity of Herzilia (excluding the jetty; see figure 1) to the South over $\approx 1.3\text{ km}$. We re-interpolate the seabottom onto the final simulation grid (Fig. 2-bottom) smoothing seabottom features not representative of the mean bathymetric gradient at the scale of the whole DEM. Last, we superimpose onto the resulting representative seabottom various artificial features to explore the effect of various geotube configurations (described in the next section).

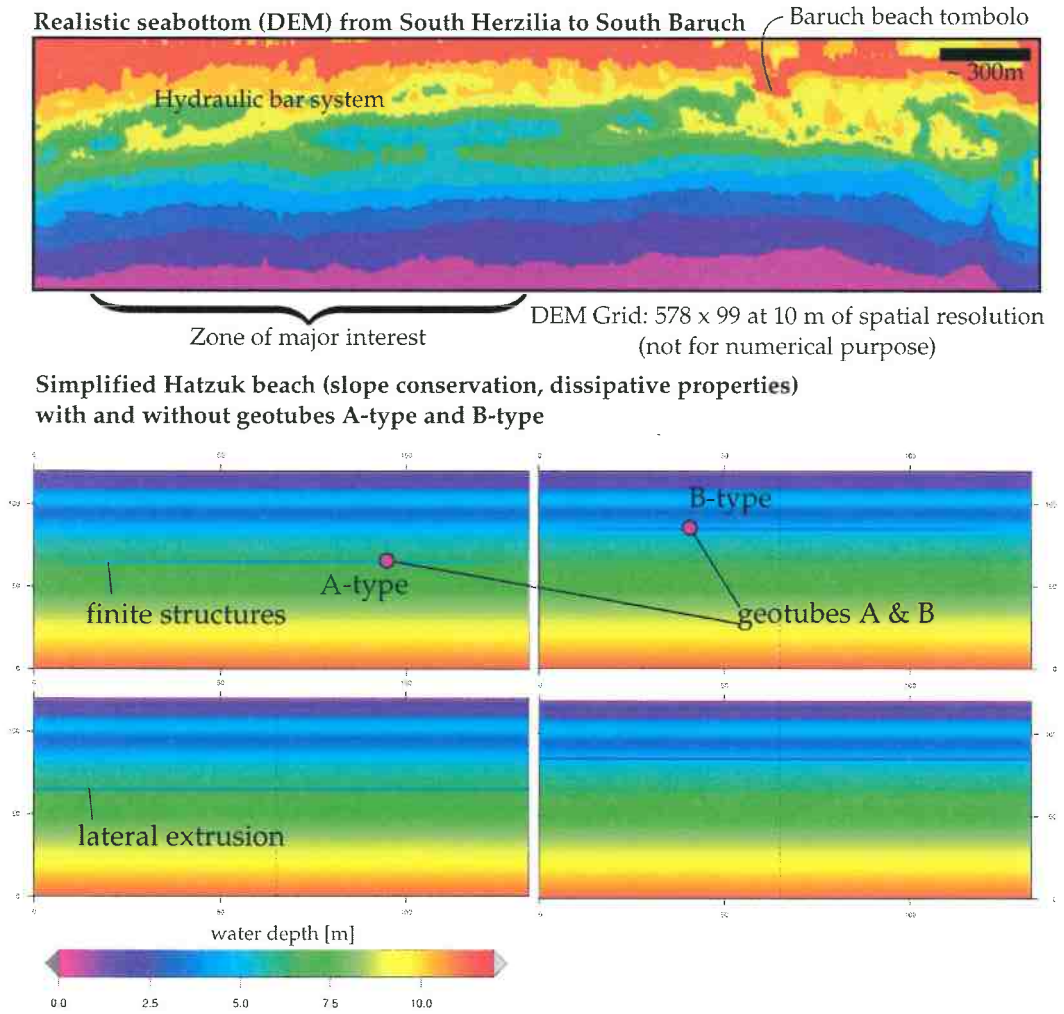


Figure 2: A digital elevation model of Hatzuk beach and two typical numerical grid after the smoothing of the realistic seabottom topography. The mean slope is the same. Water depth is approximately 7 m at a distance of 500 m off the shoreline, like in Hatzuk (1.4%)

For all the final numerical grids, Neumann condition (with derivative of velocity U and free surface ζ set to zero) are systematically used on the lateral boundaries (Bujan, 2009). A no-flux condition is set at the shoreline, arguing that any onshore water flow would be stopped by the Hatzuk cliff.

3.2 Set of computations (forcings and seabottom configurations)

Forcings used for the simulations include both moderate storm and severe storm conditions for each realistic wave incidence (Table 1). They are derived from CAMERI (2013).

Type	H_s	T	θ	δt
origin	3	6	0	◇ *
A-type	3	6	0	◇ *
B-type	3	6	0	◇ *
origin	3	6	15	◇ *
A-type	3	6	15	◇ *
B-type	3	6	15	◇ *
origin	3	6	30	◇ *
A-type	3	6	30	◇ *
B-type	3	6	30	◇ *
origin	5	8	0	◇ *
A-type	5	8	0	◇ *
B-type	5	8	0	◇ *
B-type	5	8	1-4	*
origin	5	8	15	◇ *
A-type	5	8	15	◇ *
B-type	5	8	15	◇ *
origin	5	8	30	◇ *
A-type	5	8	30	◇ *
B-type	5	8	30	◇ *
origin	6	10	0	◇
B-type	6	10	0	◇
origin	6	10	30	◇
B-type	6	10	30	◇

Table 1: A table describing all the simulation performed in this work. H_s is the wave amplitude, T the wave period, θ the relative incident wave angle, δt the duration of the simulation. Note that for the results, H_s is substituted by the wave amplitude $A = H_s/2$ (because REF-DIF calculates A preferentially, and it corresponds to $H_s/2$ in the context of the linear wave theory only). The simulations are performed twice: one time for a "classic" configuration (refers to the fact that the geotube is limited laterally) and a second time for an "extruded" configuration (which means that the geotube is extended towards the lateral boundaries of the simulation grid to avoid any wave/structure near field effect). The Meaning of symbols is like follows: ◇ = 10000s short simulation; * = 30000s long simulation.

Simulations are performed respectively for 10000 and 30000 seconds with a constant wave forcing. Results at 10000 are very similar to those at 30000: wave angle does not shift, velocities increase very slightly. This suggests that a quasi-stationary state is reached for the circulation before 30000 seconds. Results presented in this study are that at 30000 seconds and correspond to a quasi-stationary flow. Computations with five distinct bottom conditions are performed. They are defined following BRL Ingénierie (2017b):

ORIGIN : the so-called reference (or alternatively "ref") configuration corresponds to the unprotected scenario, with a seabottom profile exactly defined by the interpolation described in the previous section.

TYPE-A-extrude: the Type-A-extrude configuration corresponds to the same seabottom profile as the reference configuration, plus a 12 m wide geotube deployed 550 m from the coastline parallel to the shoreline. The geotube extends laterally to the lateral boundaries of the simulation grid.

TYPE-B-extrude: the Type-B-extrude configuration corresponds to the same seabottom profile as the reference configuration, plus a 12 m wide geotube deployed 350 m from the coastline parallel to the shoreline. The geotube extends laterally to the lateral boundaries of the simulation grid.

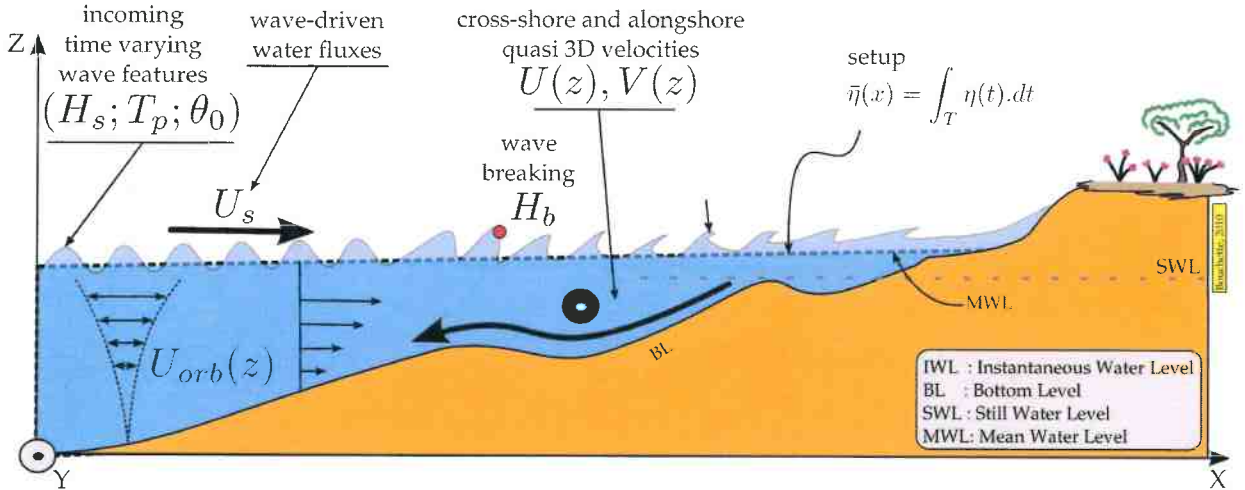
TYPE-A-classic: the Type-A-classic configuration corresponds to the A-type configuration, but the geotube has a limited extension, with no protection from the lateral boundaries to 300 m towards the centre of the domain.

TYPE-B-classic: the Type-B-classic configuration corresponds to the B-type configuration, but the geotube has a limited extension, with no protection from the lateral boundaries to 300 m towards the centre of the domain.

Seabottom configurations Type-A-classic and Type-A-classic are introduced to analyse the circulation patterns at the boundaries of the geotube, while Type-A-extrude and Type-B-extrude highlight circulation features for an infinitely long geotube. Figure 2 displays the different bottom configurations used in this study.

4 Results

4.1 Presentation of the outputs



- Forcings: monochromatic waves H_s, T_0 and θ_0 . No wind, no regional circulation
- Outputs:
 1. **FORT.150:** Recalculated quasi 3D barotropic circulation (amplitude $\sqrt{U^2 + V^2}$) and components (U, V)
 2. **FORT.150:** Mean elevation η (= wave-driven setup/setdown)
 3. **FORT.311:** Seabottom elevation (water depth with respect to still water level at $z = 0$)
 4. **FORT.314:** Projected wave height
 5. **FORT.315:** Wave height and wave number vector
 6. **FORT.316:** Short wave celerity
 7. **FORT.325:** Horizontal amplitude of the orbital velocity to the bottom (U_{orb})

All maps are plotted with an unique color scale. A preliminary analyse corresponds to simulations with relative incident angles varying between a normal incident to a few degrees. The comprehensive simulation effort is presented then.

4.2 Sensitive analysis

A sensitive analysis has been performed to test the influence of small variations of H_s , T and θ the relative incident angle on the results. For H_s and T , it is obvious that small perturbations of the forcing do not alter significantly the outputs. There is no strong non-linearity in between input and outputs. However, it is clearly evidenced that the introduction of a very small angle in the wave incidence suddenly changes the features of the circulation. A pure normal wave incidence corresponds to very peculiar patterns, quite versatile. As soon as a 1° wave angle is introduced, the circulation reorganizes differently. In the following, we present the circulation patterns (and other hydrodynamic parameters) for normal wave incident, but they must be interpreted with caution. Indeed, if one considers the Coriolis force in the simulation, it does drive a very small alongshore stress that creates enough alongshore flux to mimic the presence of a very small wave incidence angle. This means that simulations with pure normal incidence are not really realistic. In brief, results for normal wave incidence are provided in this report for information, but must not be considered in the final interpretation. It is by far better to compare the ORIGIN configuration with A-TYPE and B-TYPE configurations for wave angle nearby zero (but not null), as well as much significant angles. In the following, we perform the analysis keeping this in mind.

4.3 Waves with normal incidence

Barotropic circulation under normal wave incidence is characterized by a concentration of hydrodynamic features in the uppermost immersed beach. There, maximal velocities observed were about 0.15 m.s^{-1} for moderate storm waves and reached 1.6 m.s^{-1} locally for storm waves. In both cases, peculiar patterns developped: 20 to 30 cells large gyres occured in less than 1 m of water depth. These patterns repeated several times along the profile. They occured since the first steps of the simulations until the quasi-stationnary state at 30000 seconds. They do not vanish if the resolution of the cells is changed. For the type-B-classic configuration, some stronger and small-scale circulation patterns with respect to the relative ORIGIN configuration occur at the lee side of the geotube, close to its lateral boundaries. Such patterns are limited along shore to 30 to 40 cells (a few hundreds of meters). On the simulations for configuration Type-B-extrude, such patterns disappear. This evidences limited perturbations of the circulation at the lateral terminations of the geotube if deployed in the Type-B configuration. For the type-A configurations, it is almost the same with a striking discrepancy: the most severe perturbations occurs for the weakest forcing. One must keep in mind the sensitive analysis, and such nearfield effect are certainly artifacts. For an extruded configuration, the nearfield perturbation vanishes.

Having this exception in mind, numerical results for normal wave incidence demonstrate that the wave-driven circulation is not significantly altered in presence of geotube, whatever may be their location on the cross shore profile.

It is almost the same for the mean water elevation η at the shore. It appears that the occurrence of a geotube does not change the mean water elevation at the shore for normal incident waves whatever may be their amplitude. For very severe storms, the mean elevation to the shore is around 0.9 m . The discrepancies in η in 1.5 m of water depth for the 5 different bottom configuration is less than 10% for any wave forcing condition.

4.3.1 Simulations for the configuration ORIGIN with normal waves

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

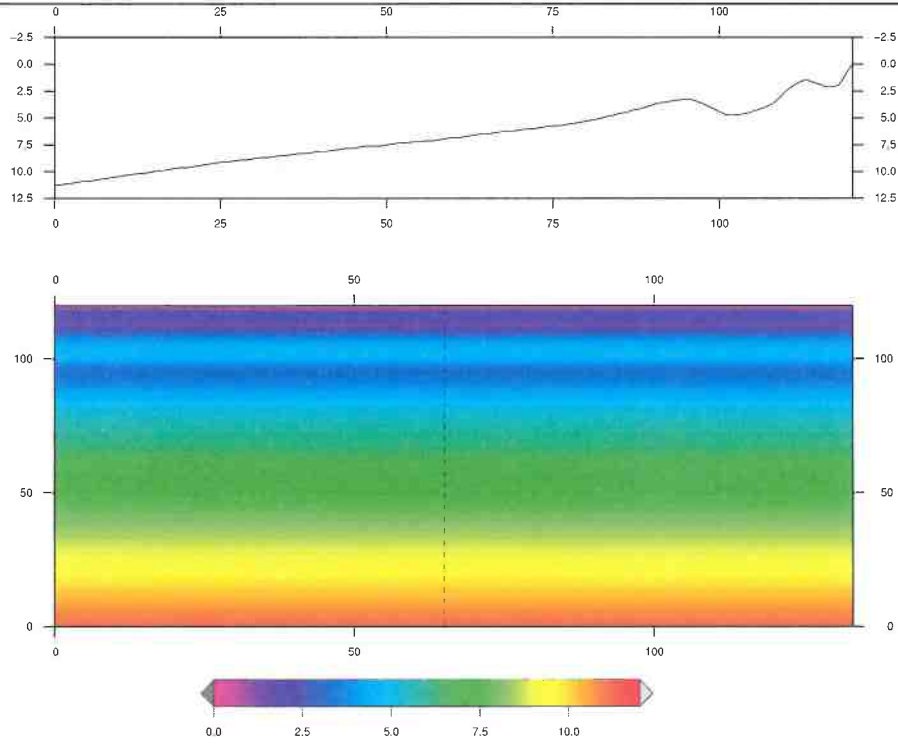


Figure 3: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

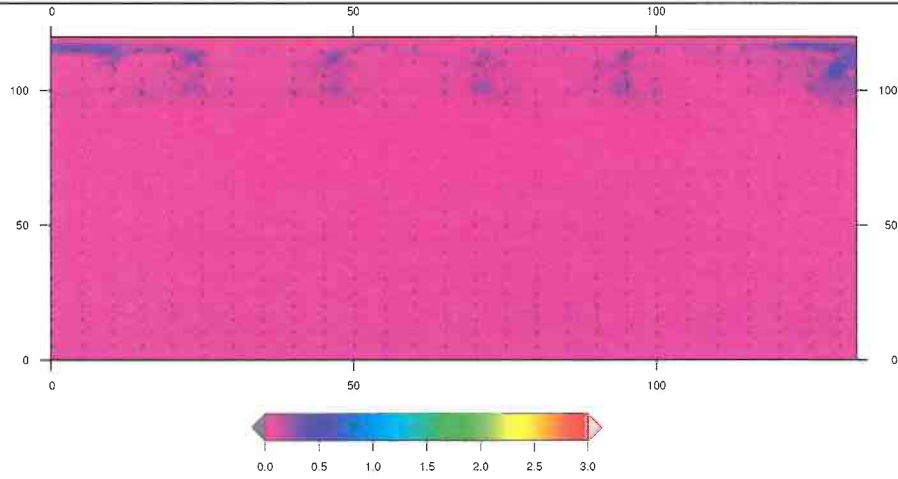
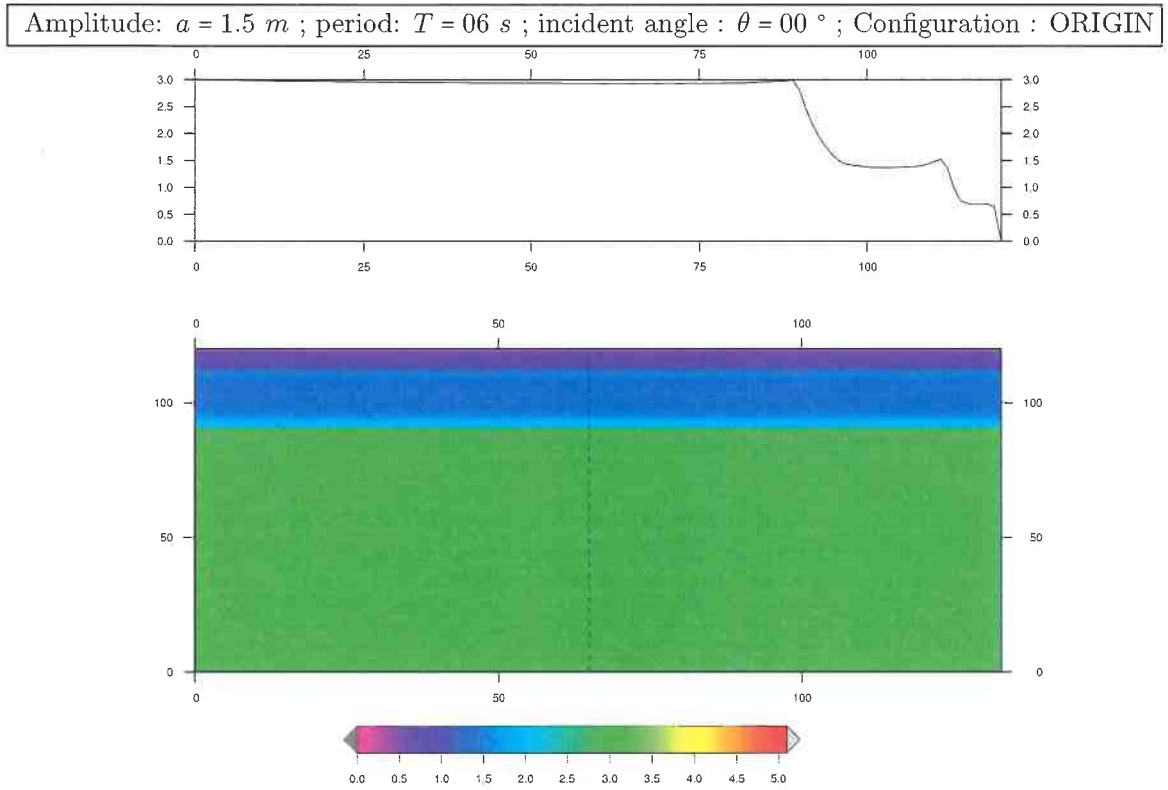
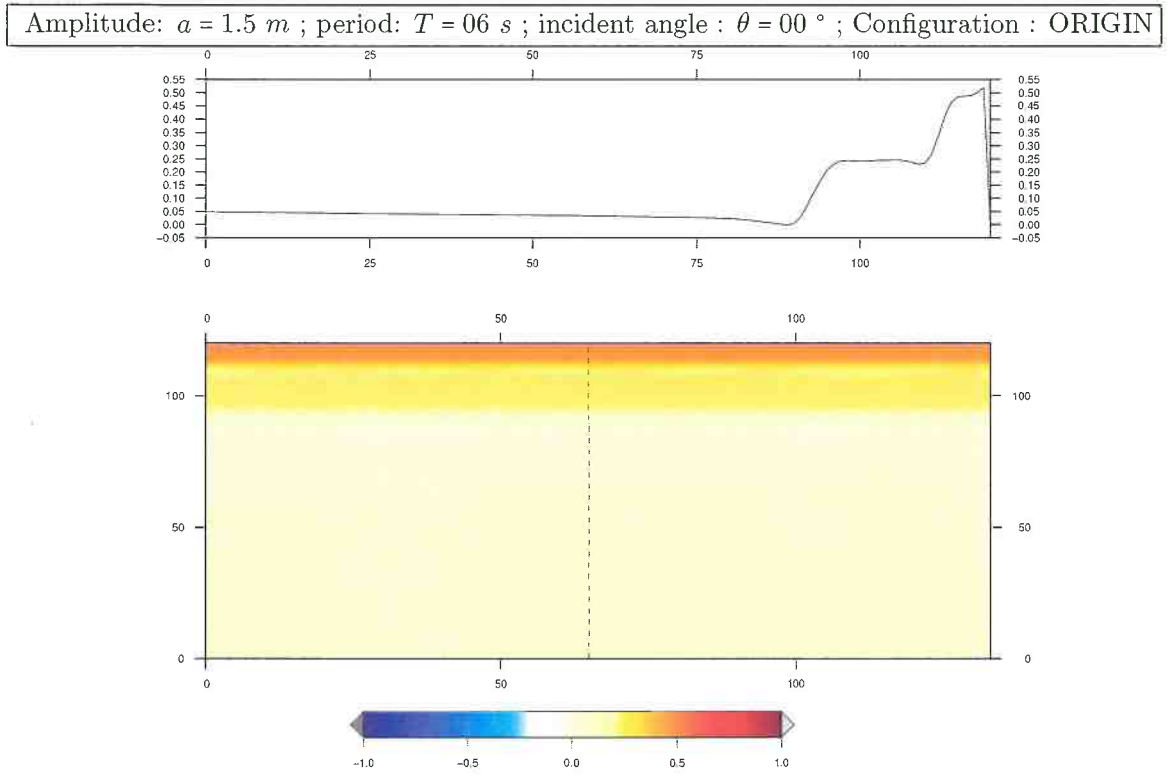


Figure 4: Barotropic circulation [m.s^{-1}]



Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

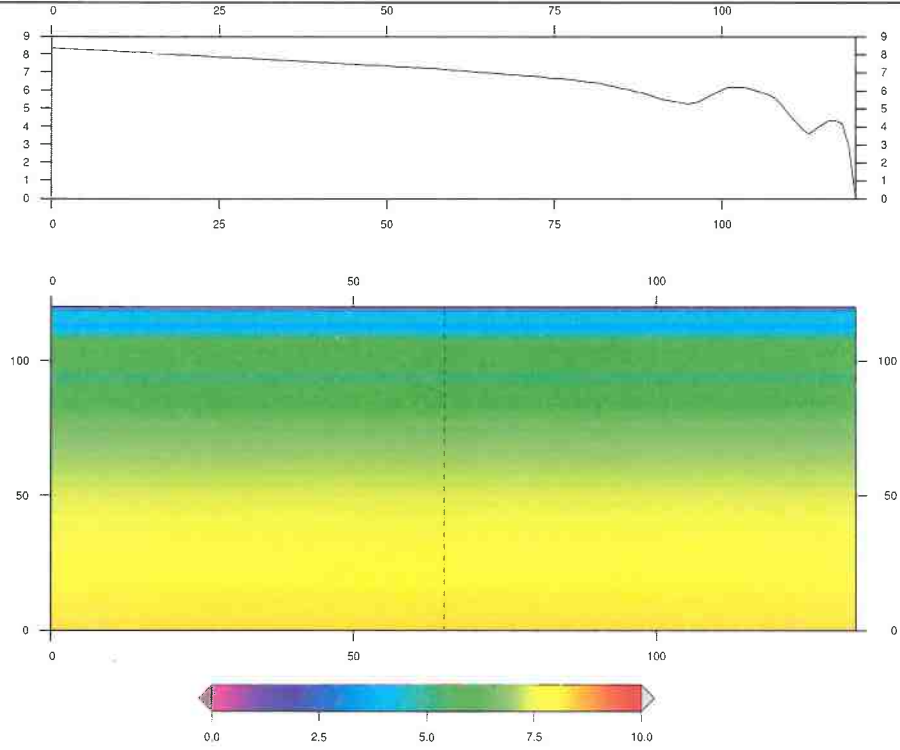


Figure 7: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

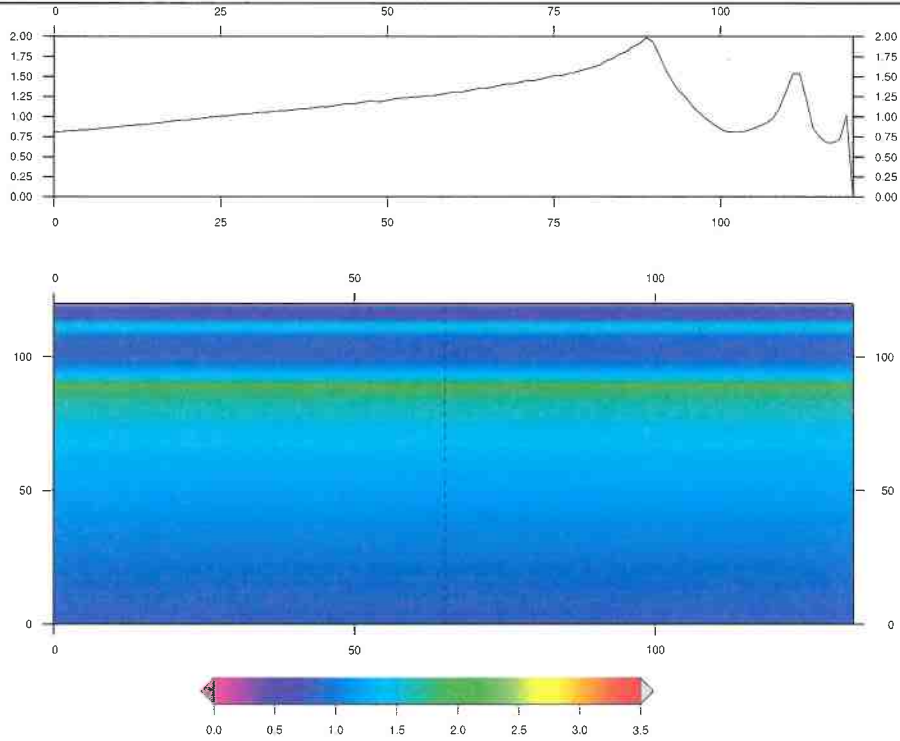


Figure 8: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

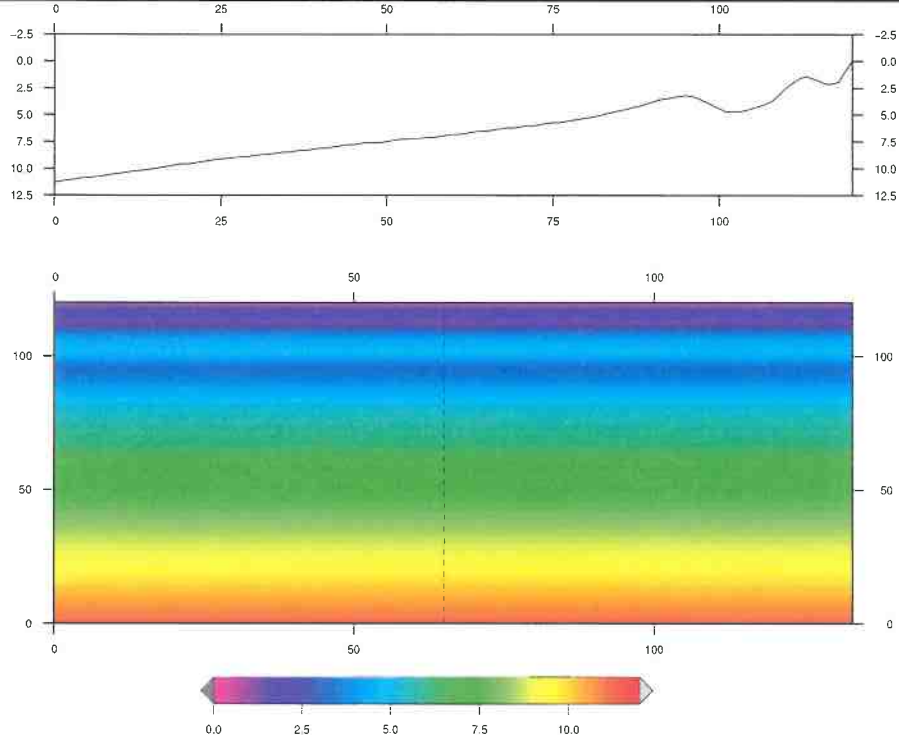


Figure 9: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

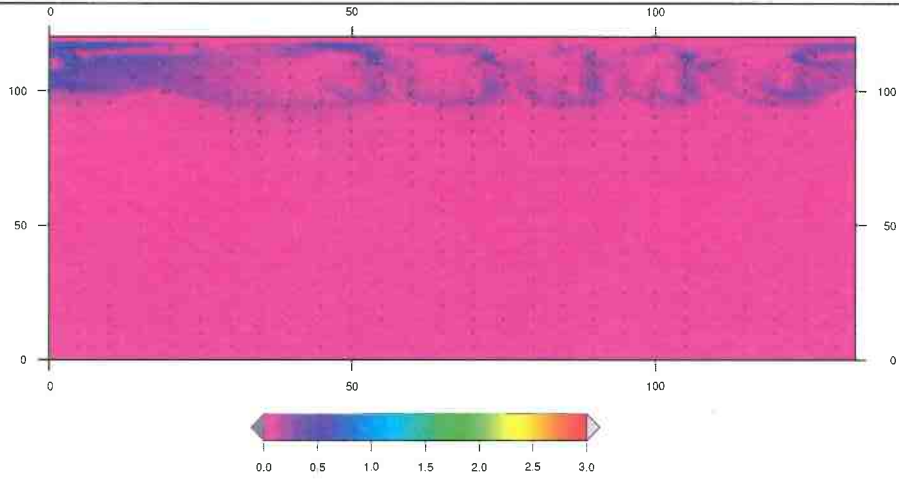


Figure 10: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

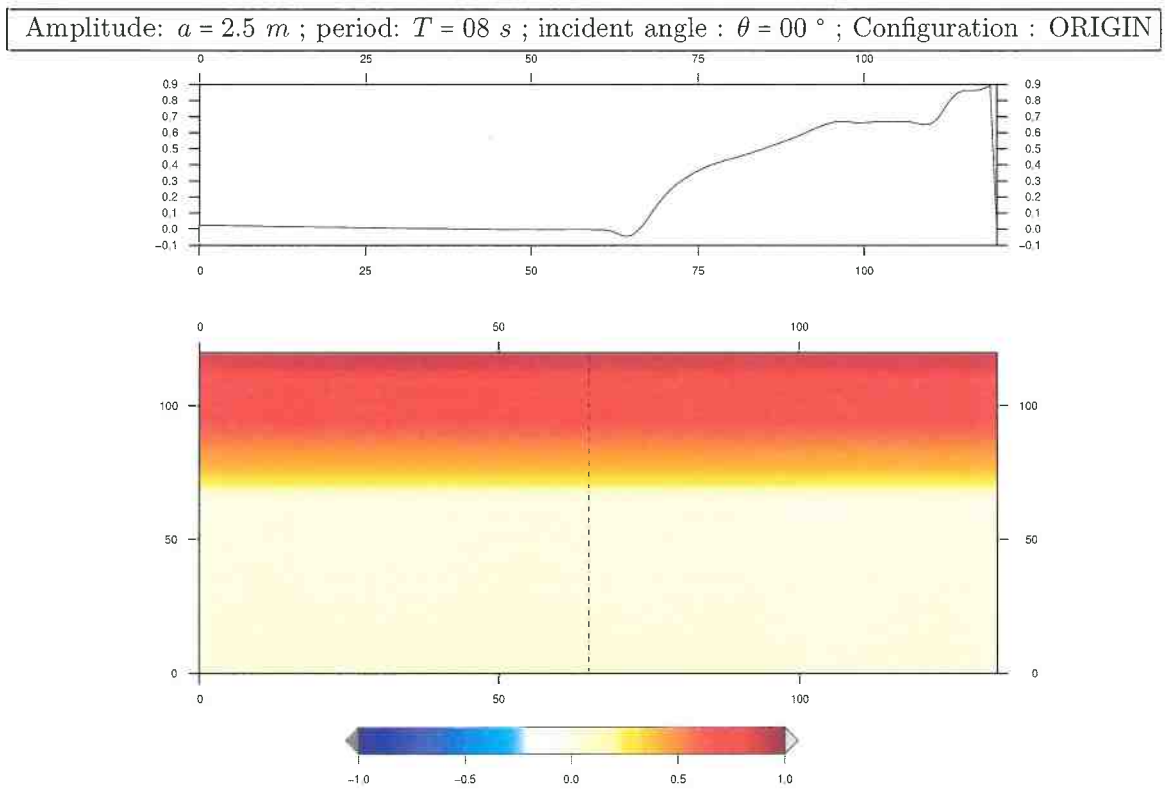


Figure 11: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

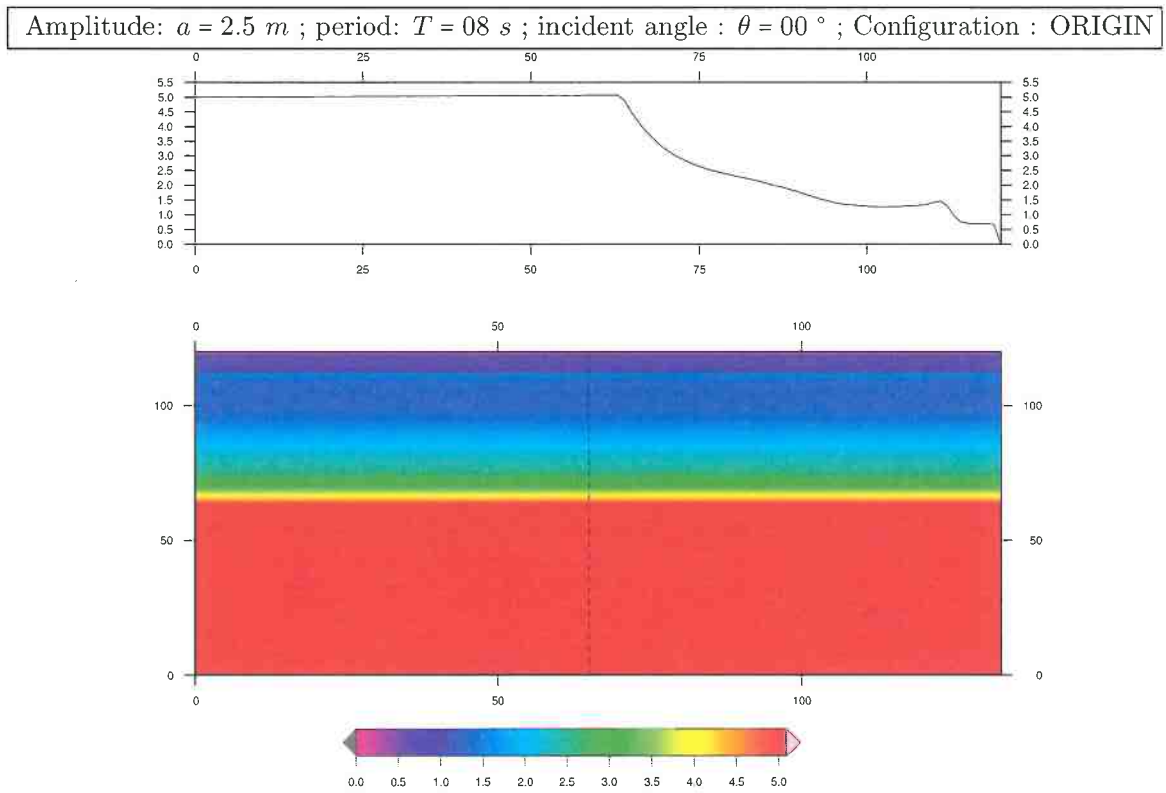


Figure 12: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

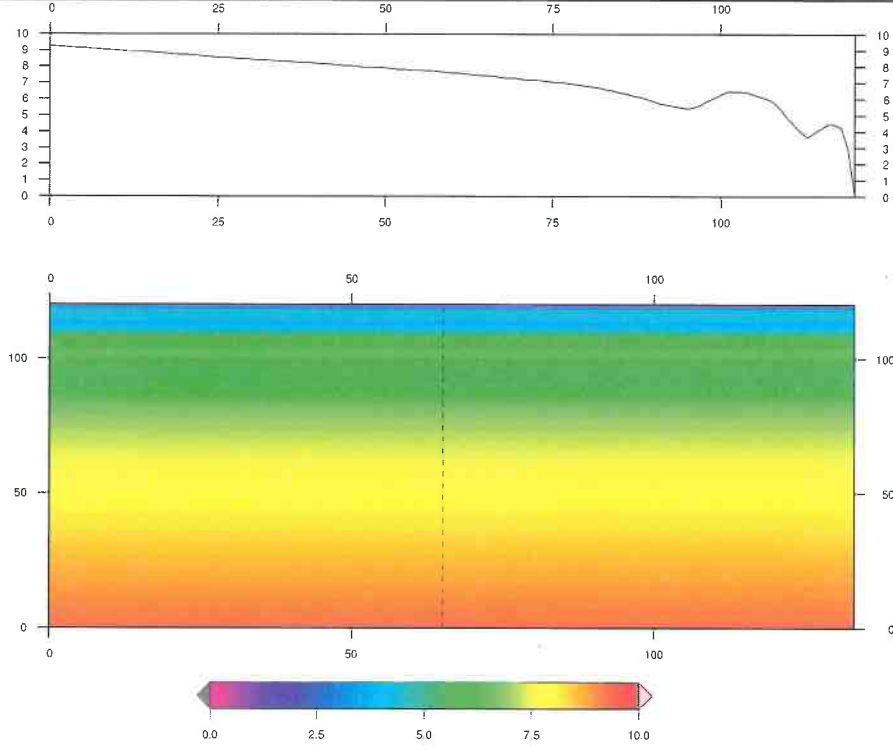


Figure 13: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : ORIGIN

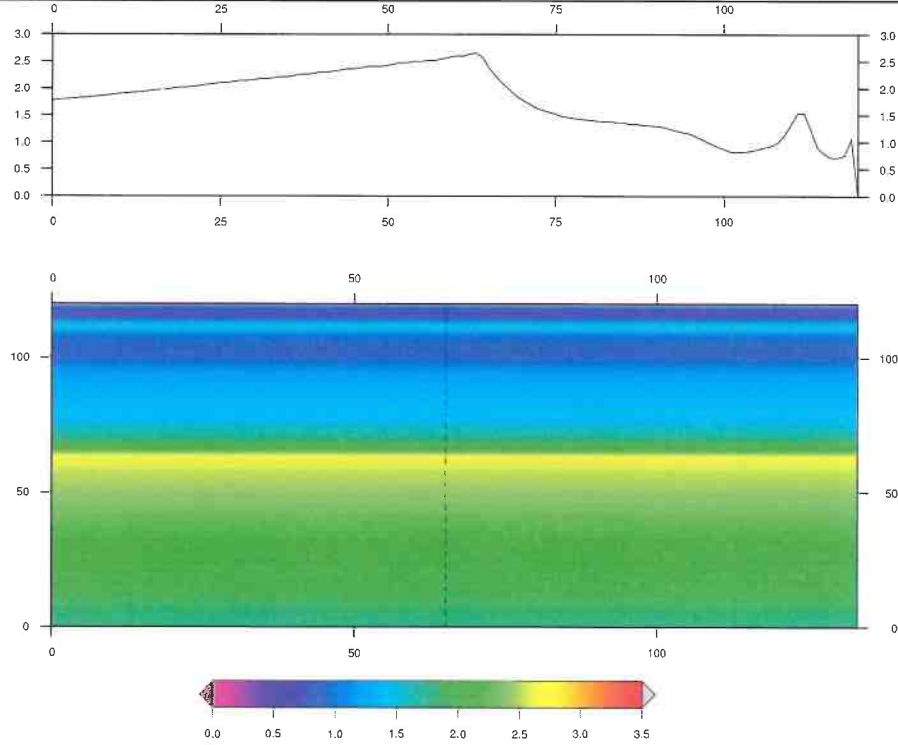


Figure 14: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

4.3.2 Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with normal waves

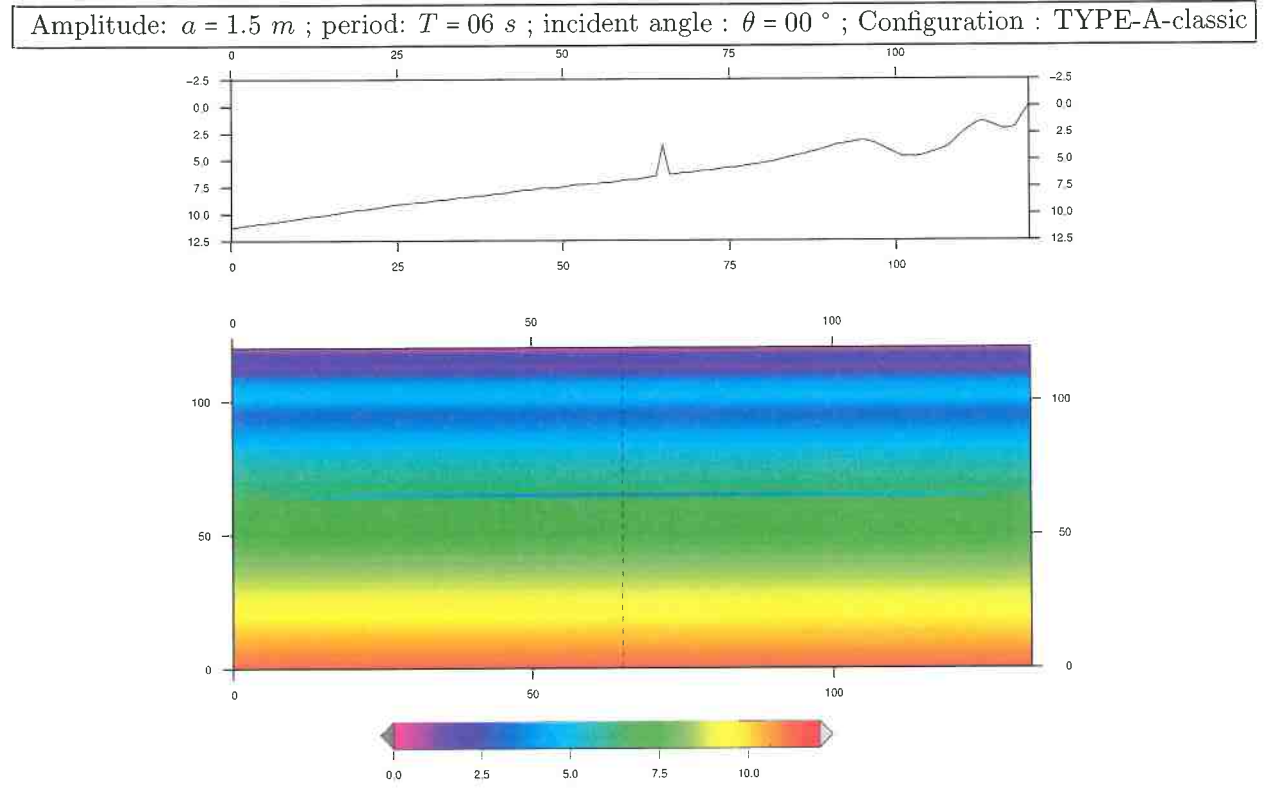


Figure 15: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

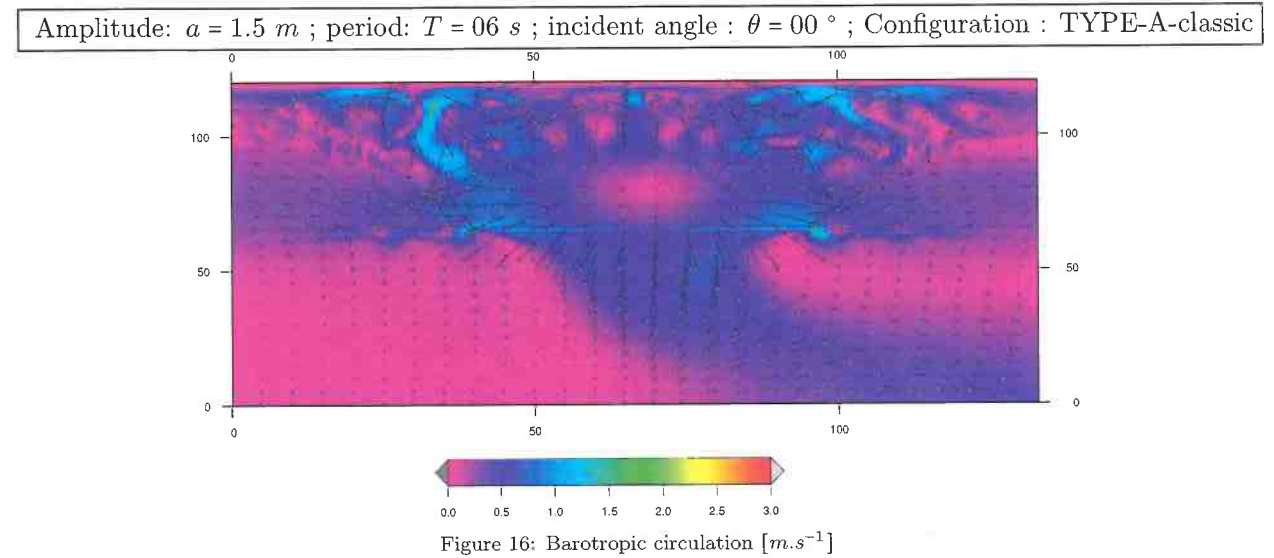


Figure 16: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

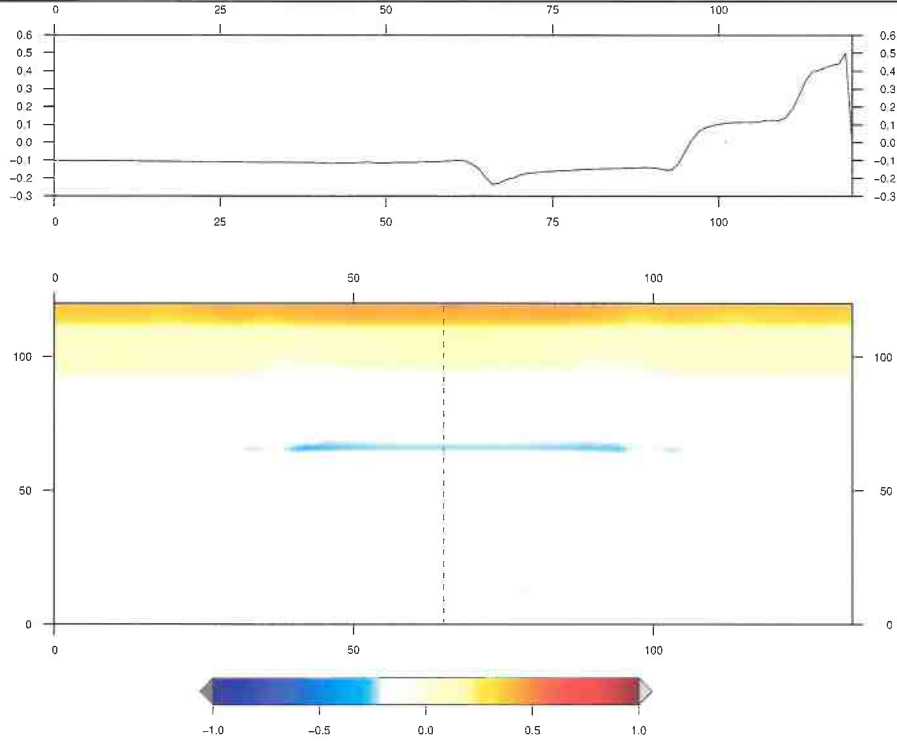


Figure 17: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

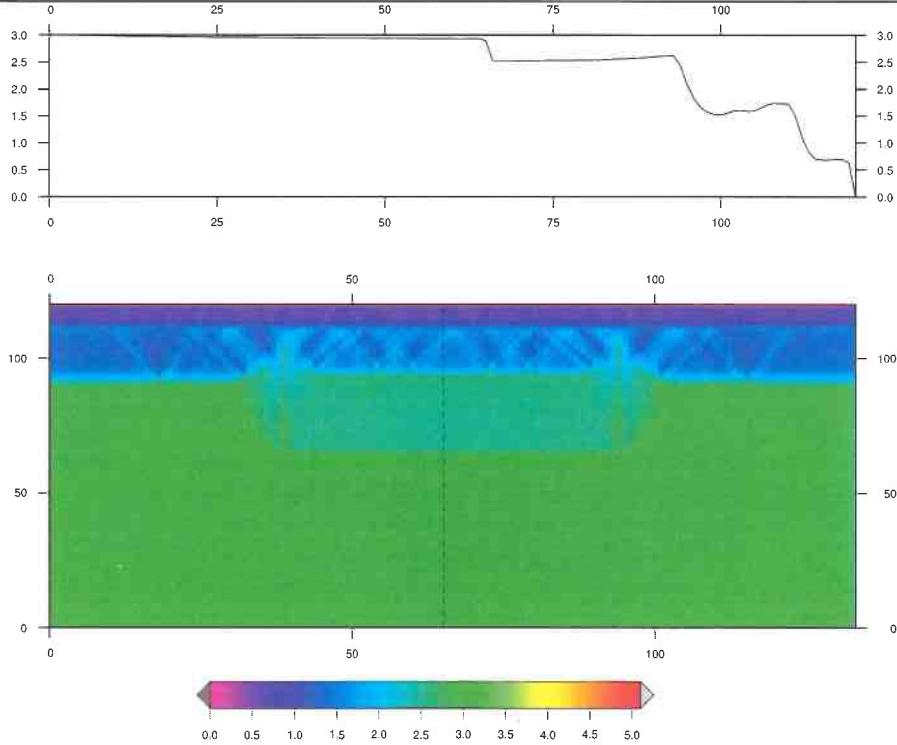


Figure 18: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

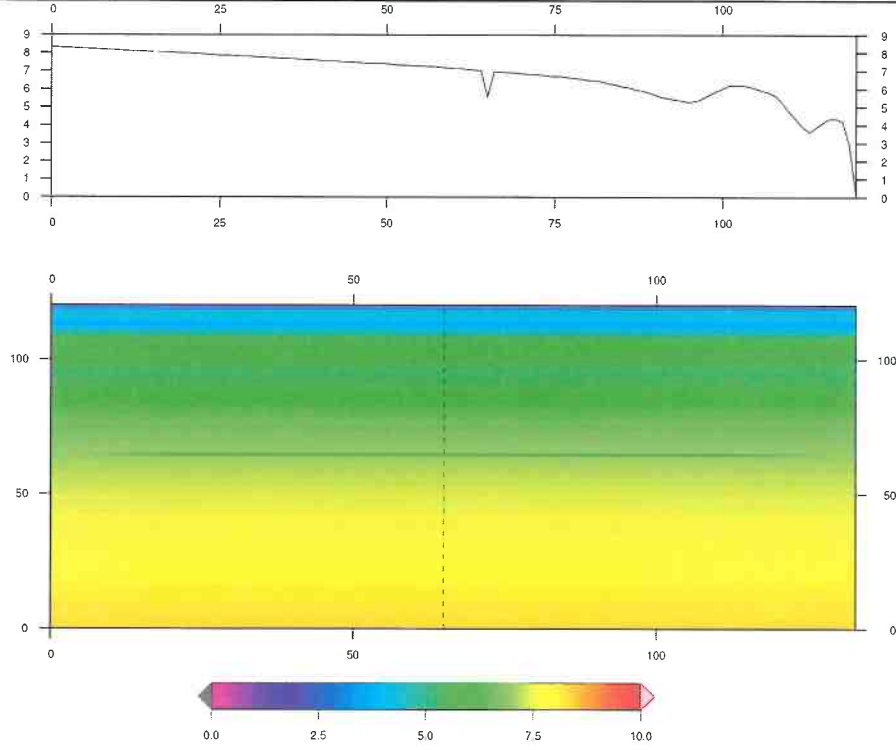


Figure 19: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

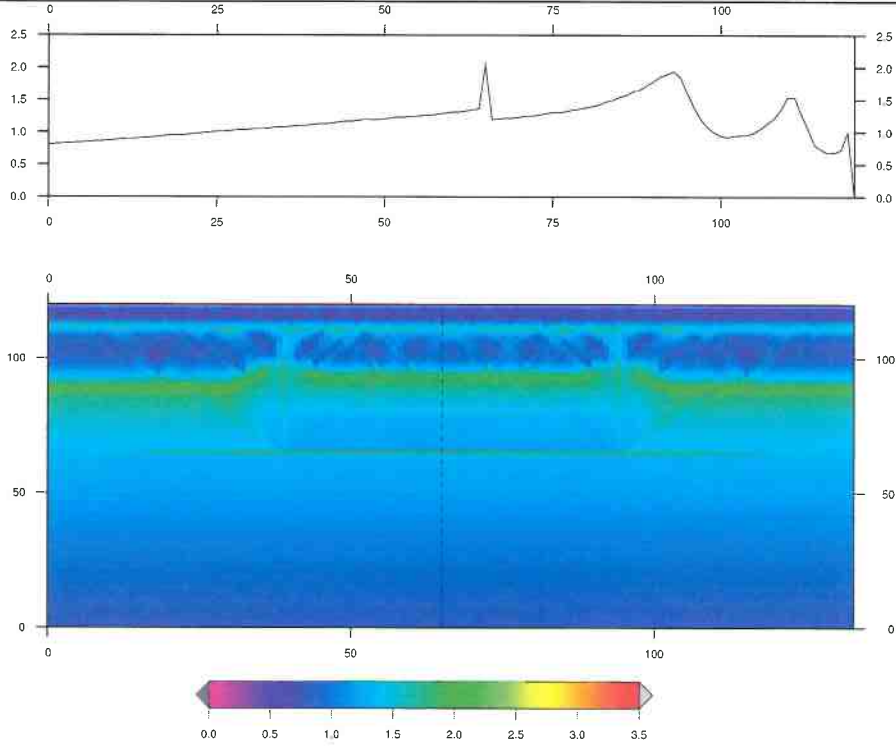


Figure 20: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

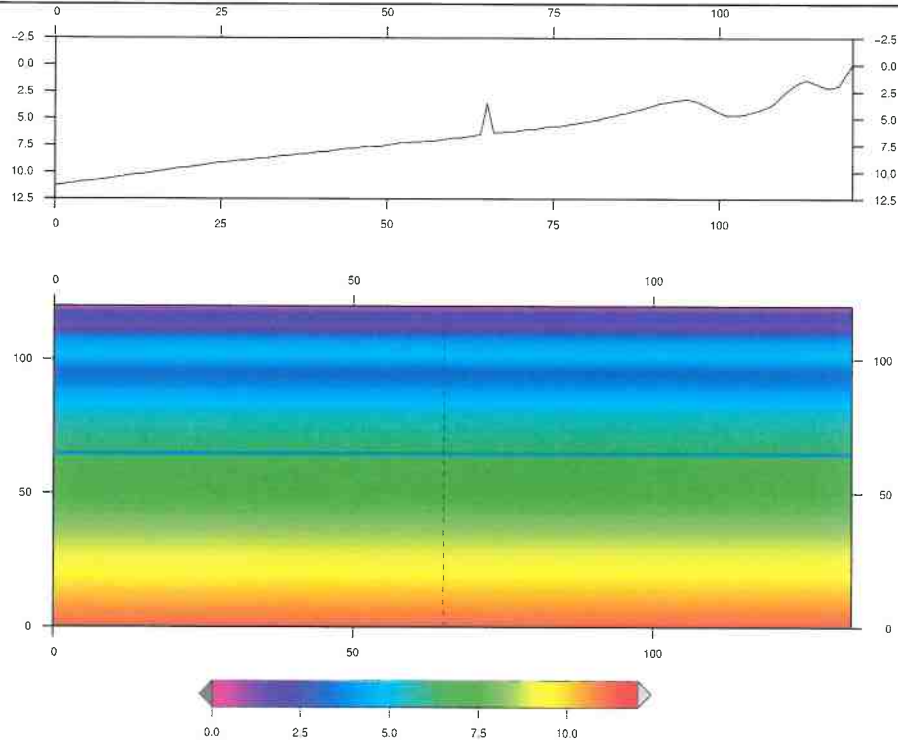


Figure 21: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

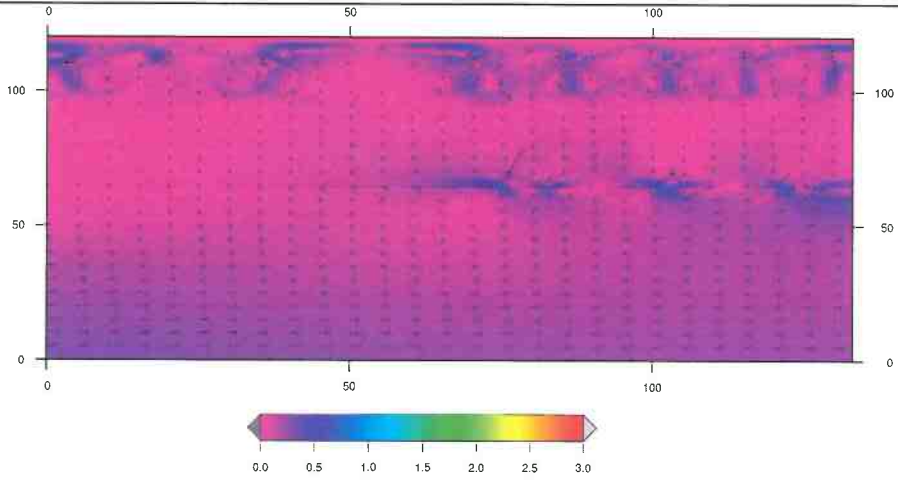


Figure 22: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

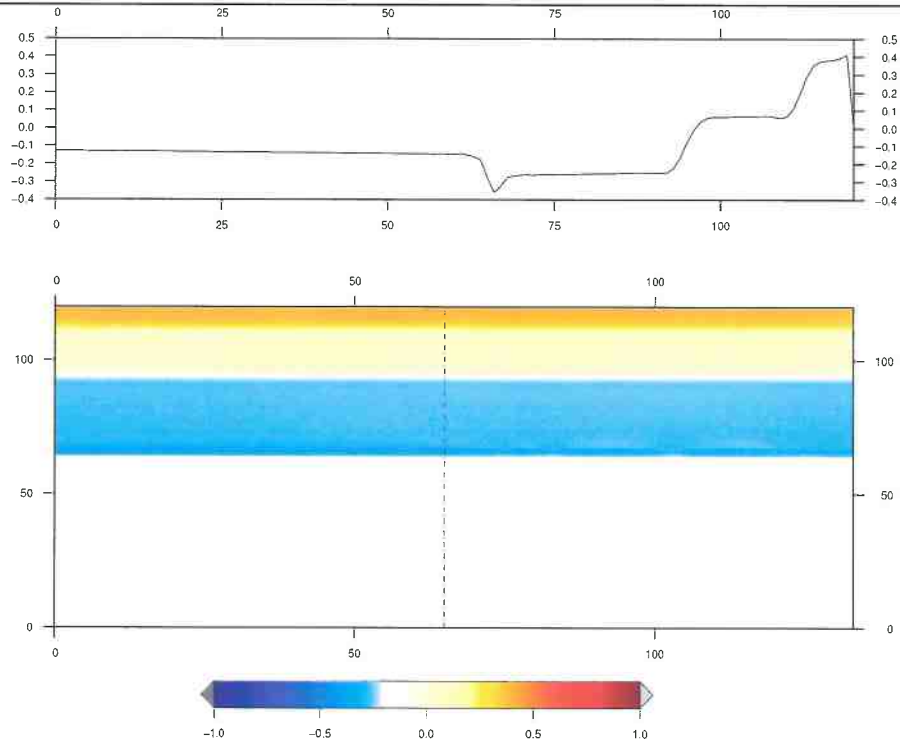


Figure 23: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

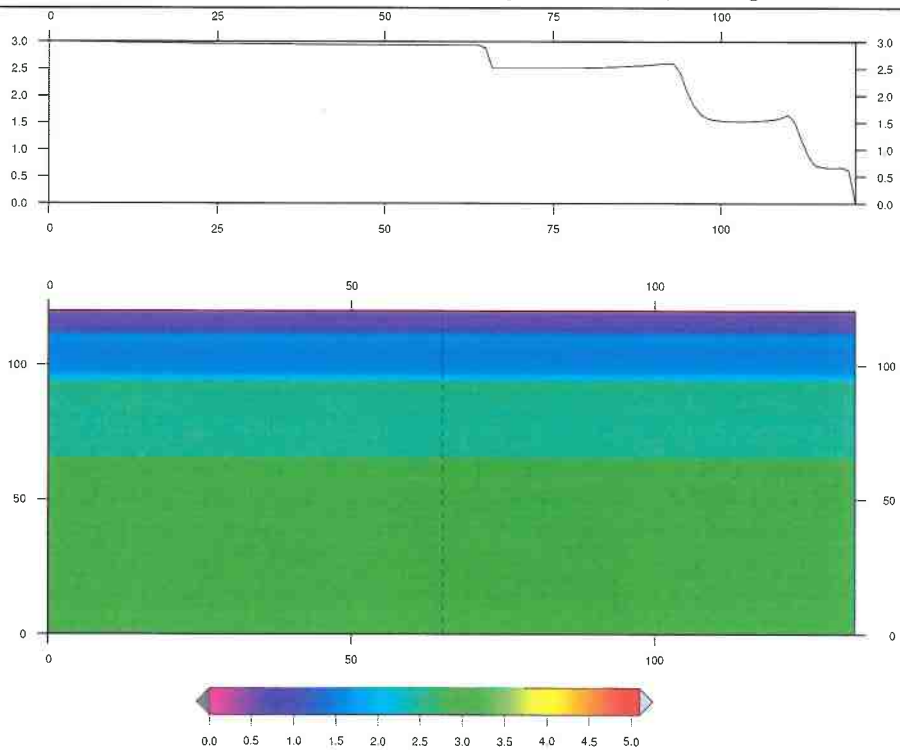


Figure 24: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

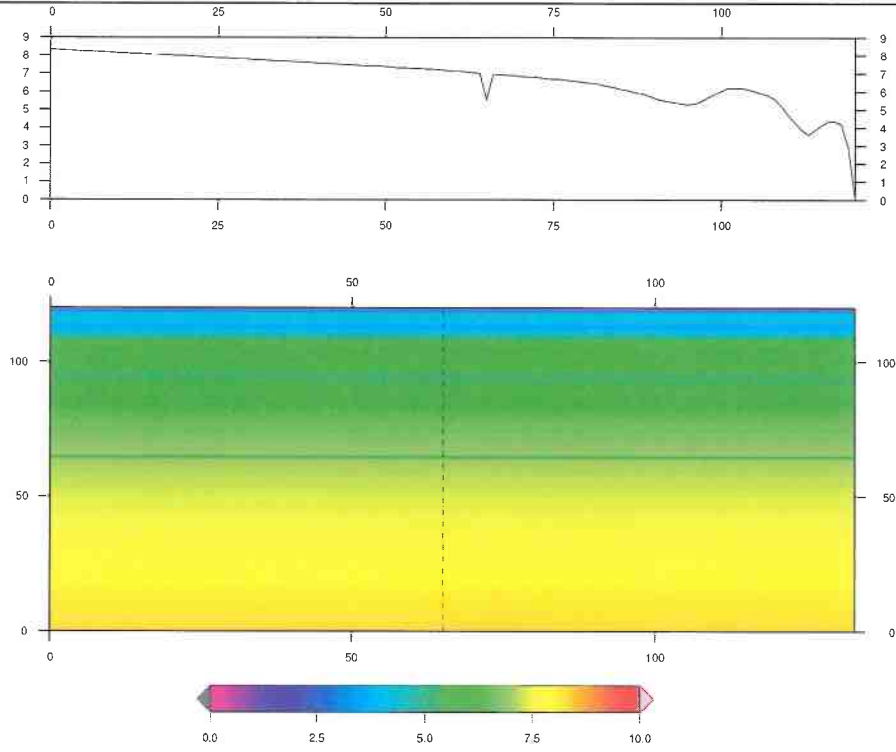


Figure 25: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

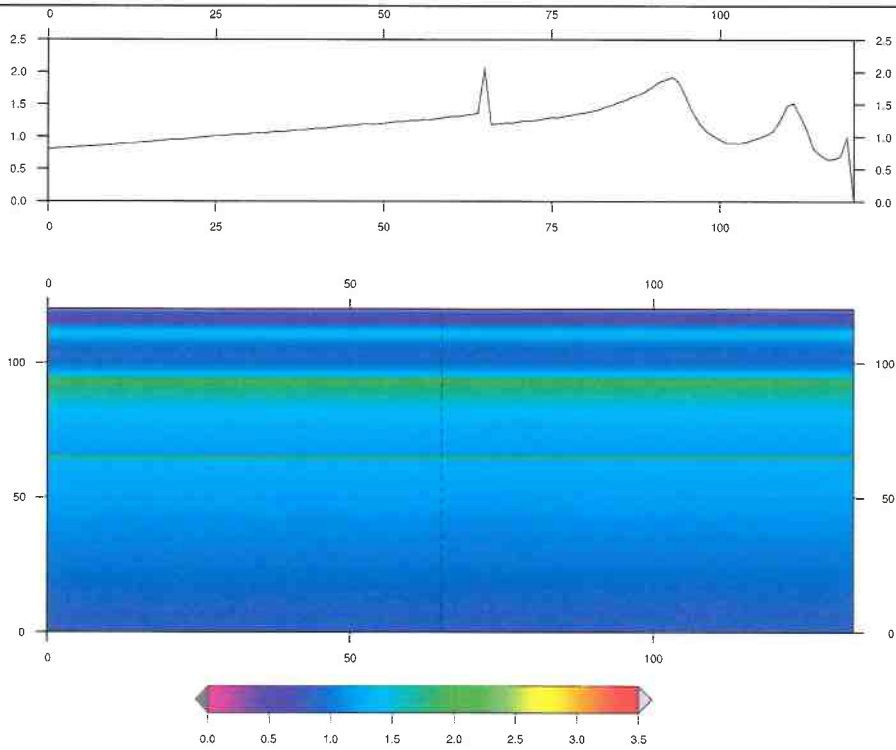


Figure 26: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

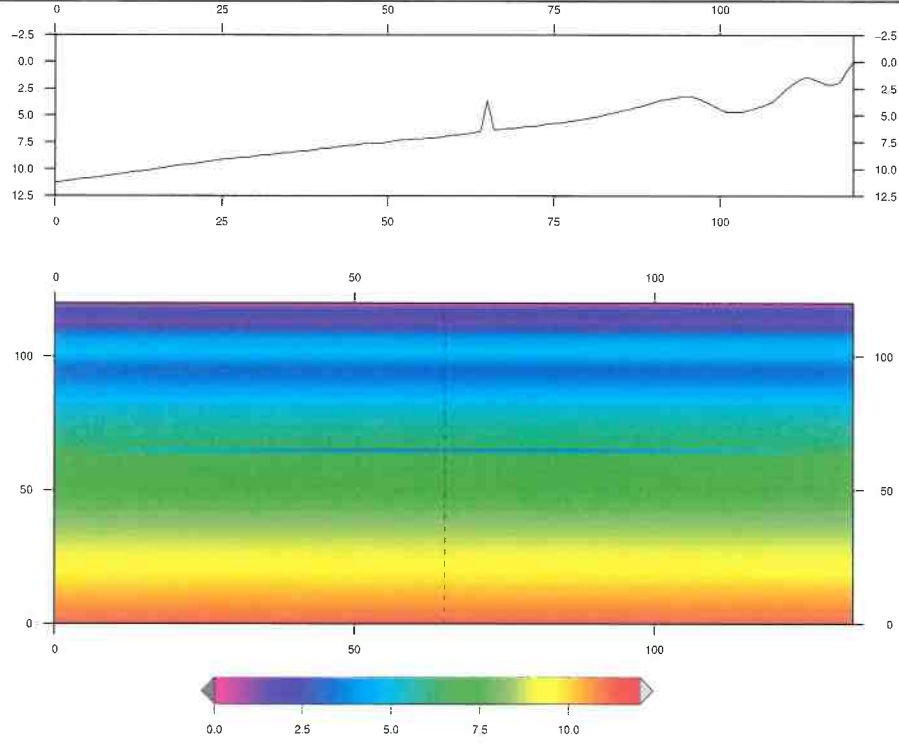


Figure 27: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

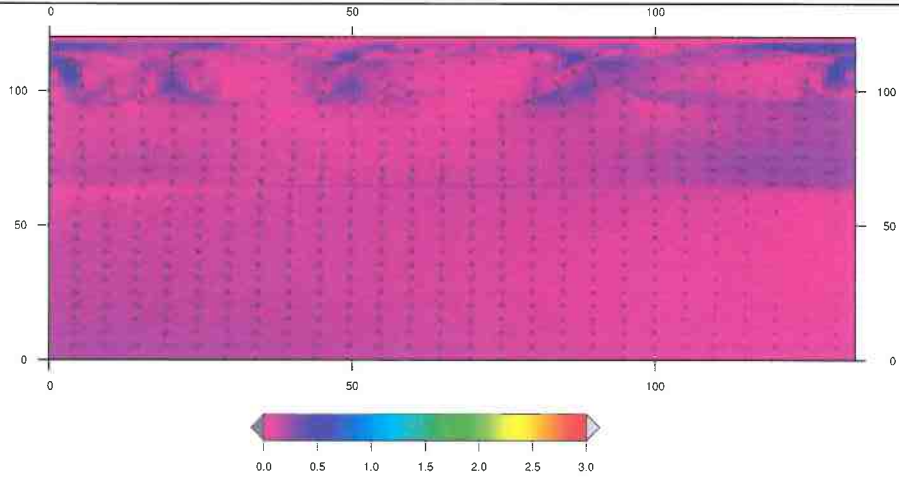


Figure 28: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

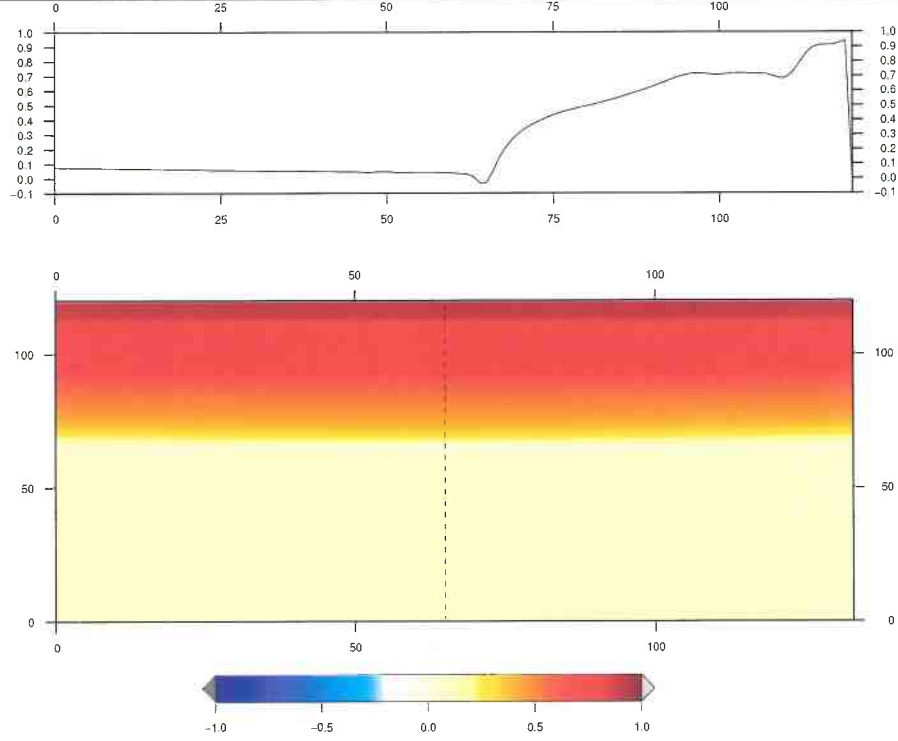


Figure 29: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

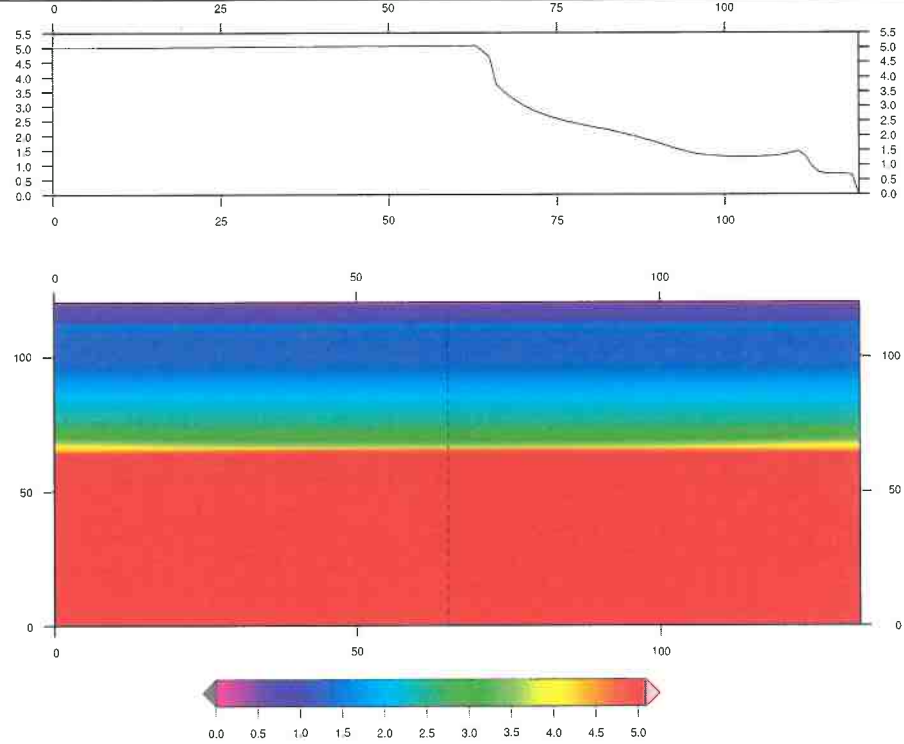


Figure 30: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

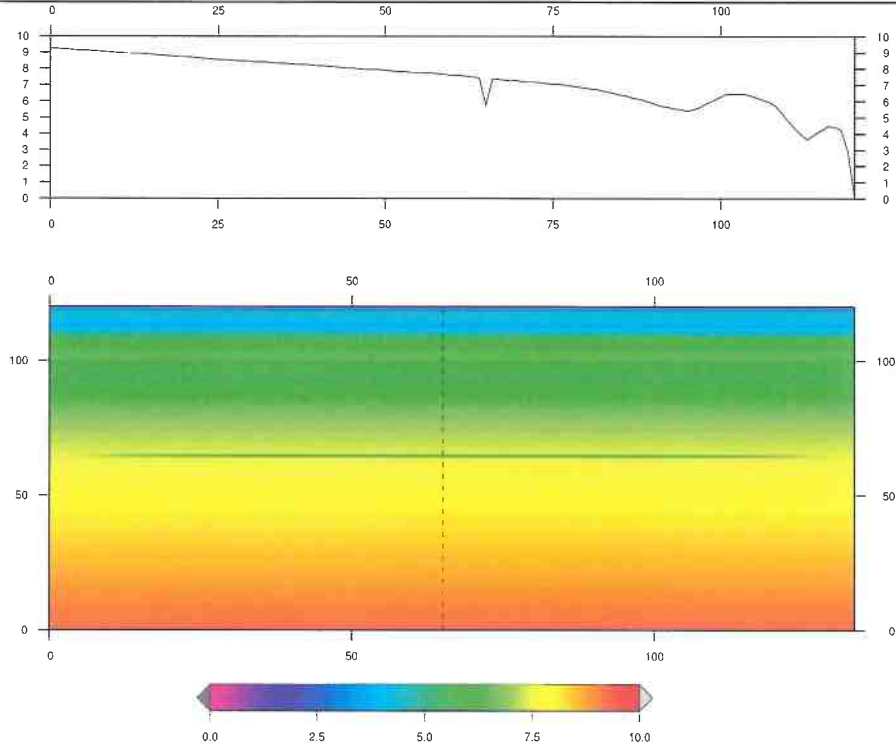


Figure 31: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

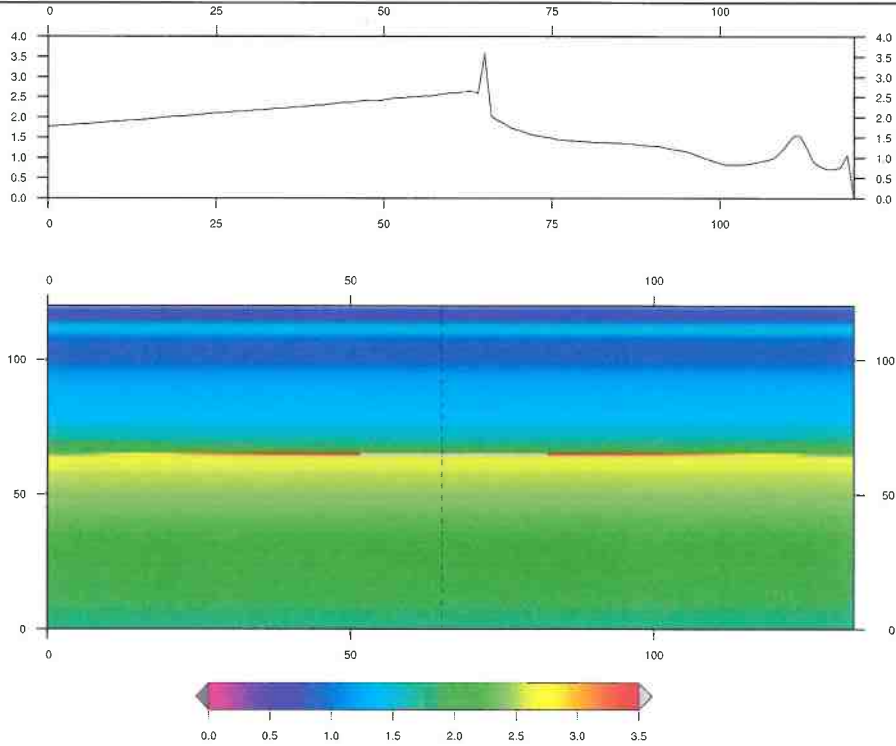


Figure 32: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

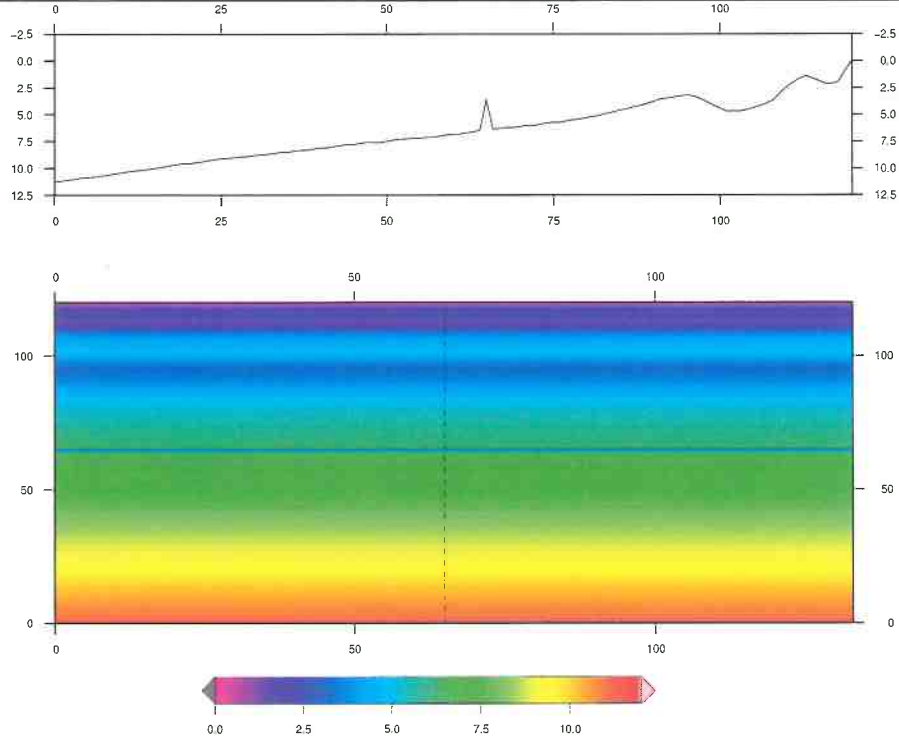


Figure 33: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

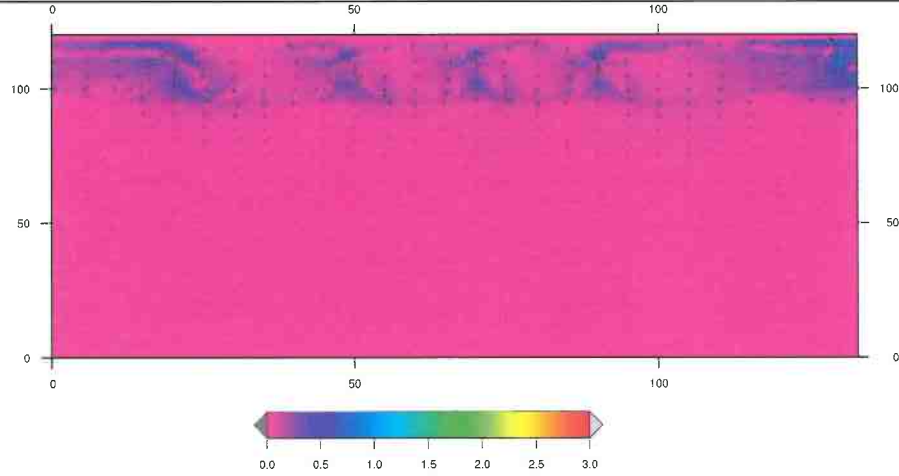


Figure 34: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

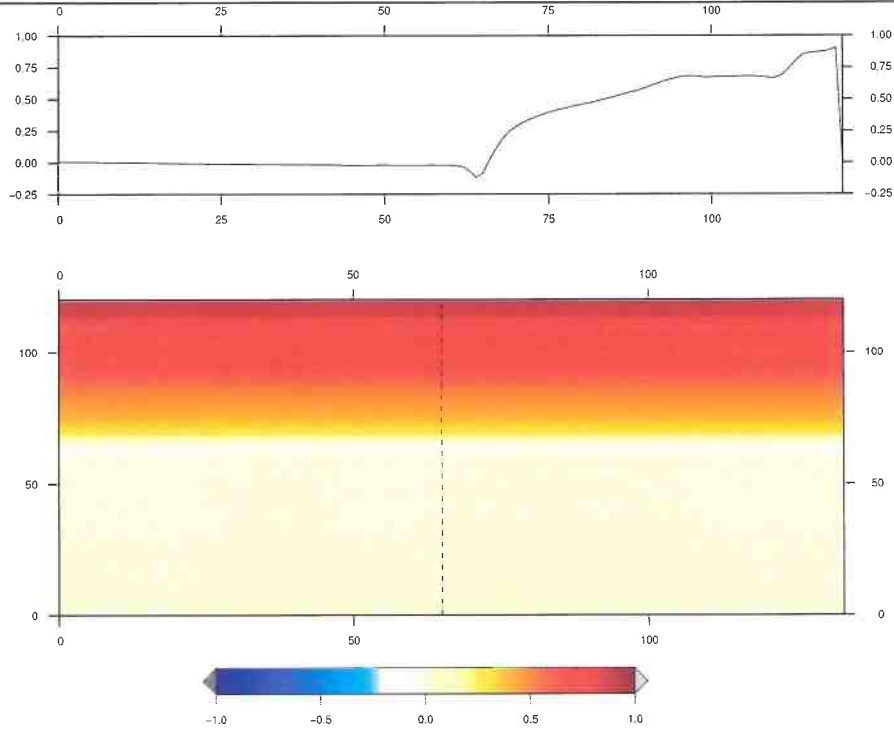


Figure 35: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

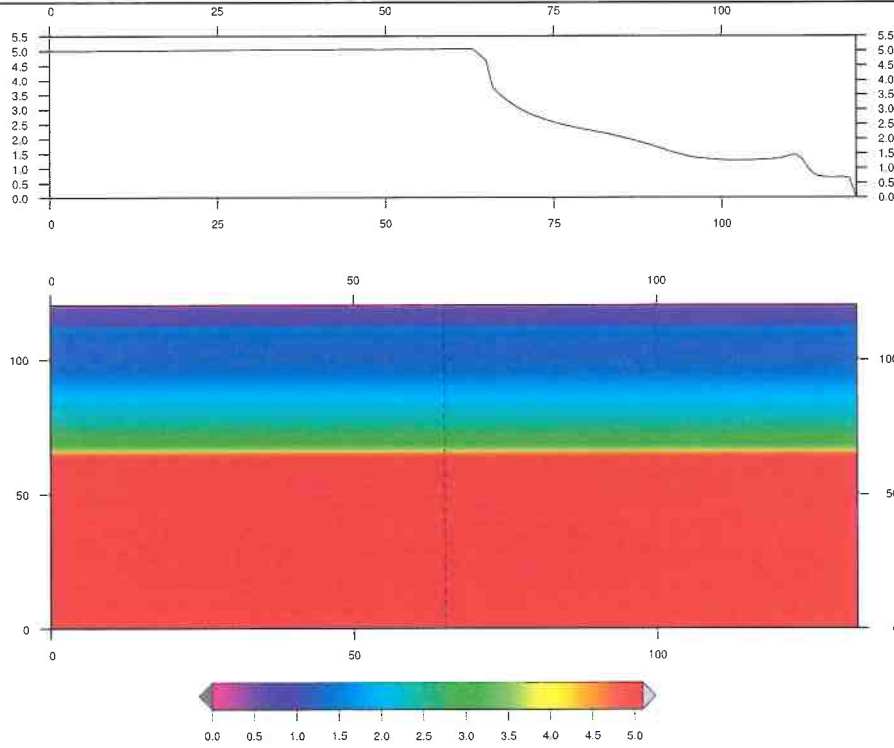


Figure 36: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

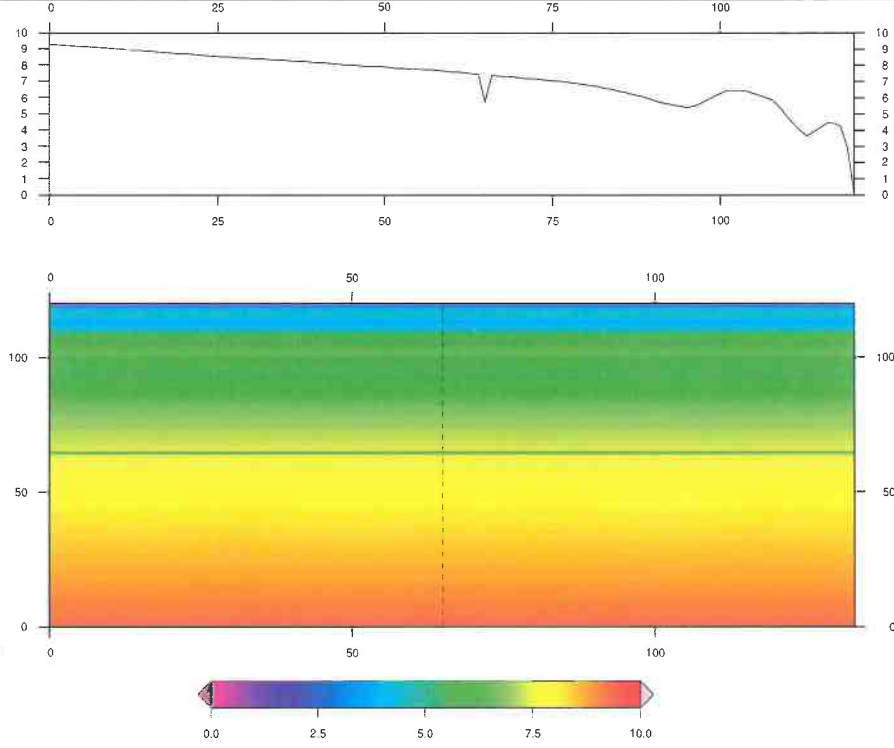


Figure 37: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

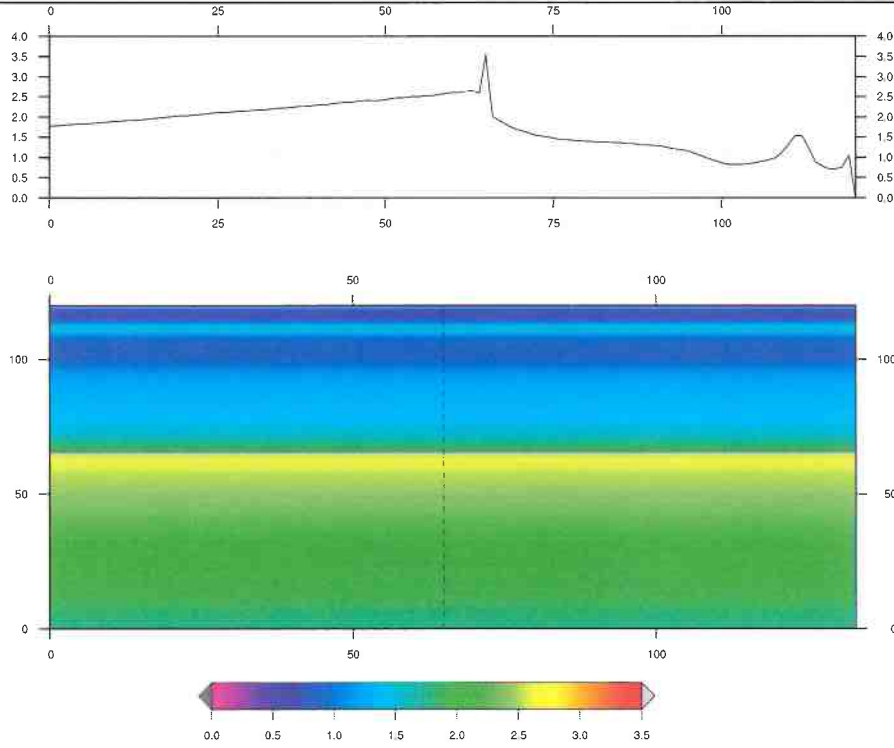


Figure 38: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

4.3.3 Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with normal waves

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

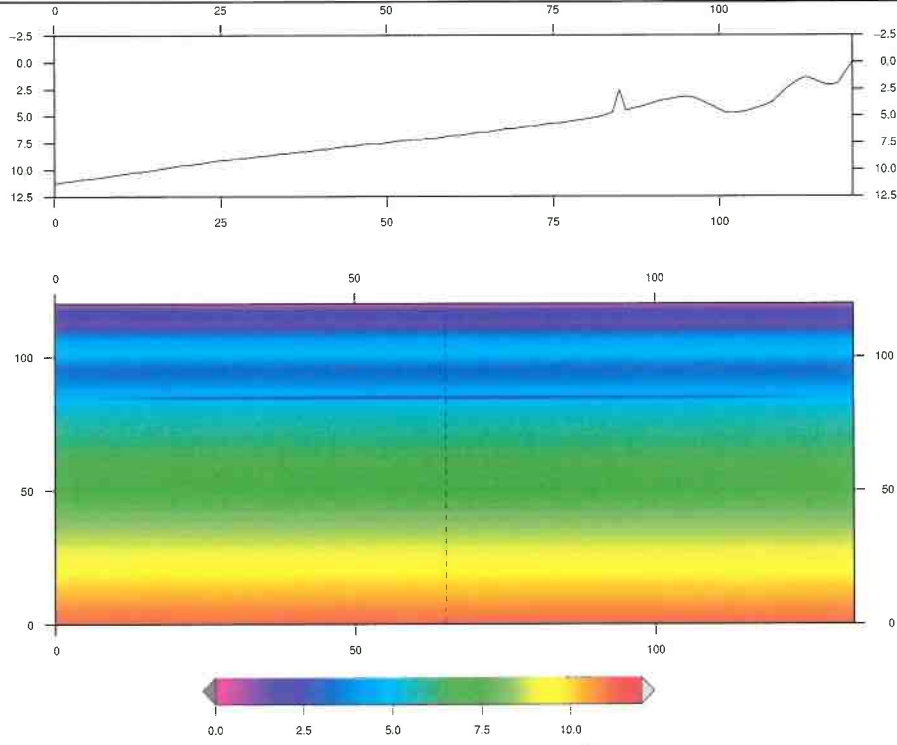


Figure 39: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

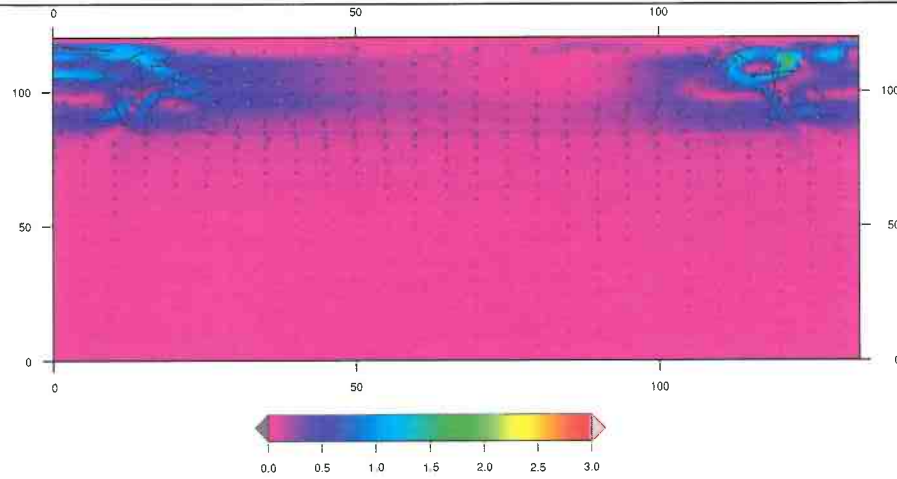


Figure 40: Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

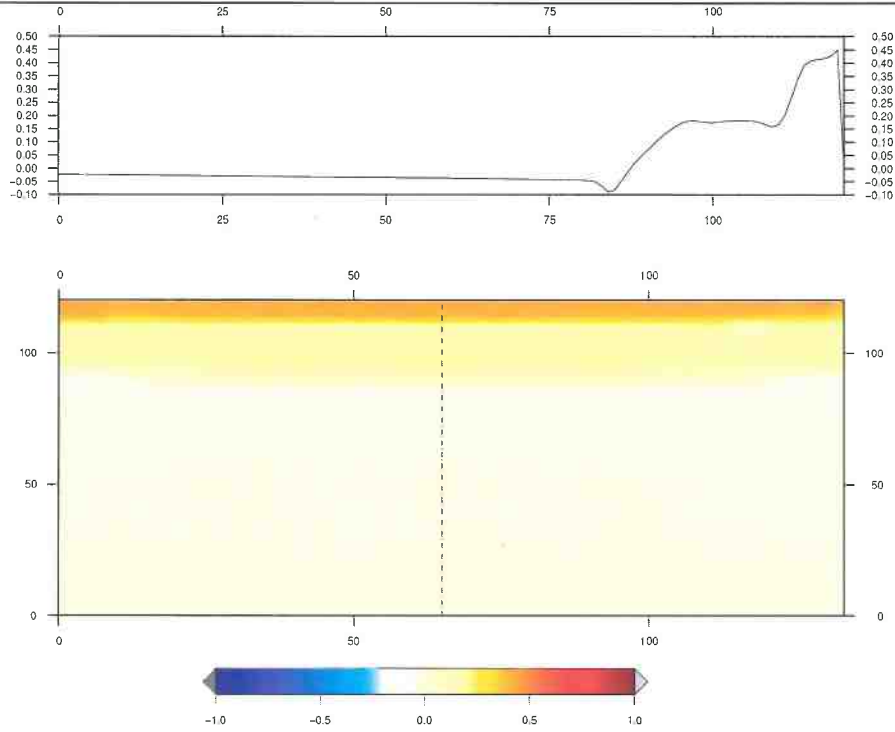


Figure 41: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

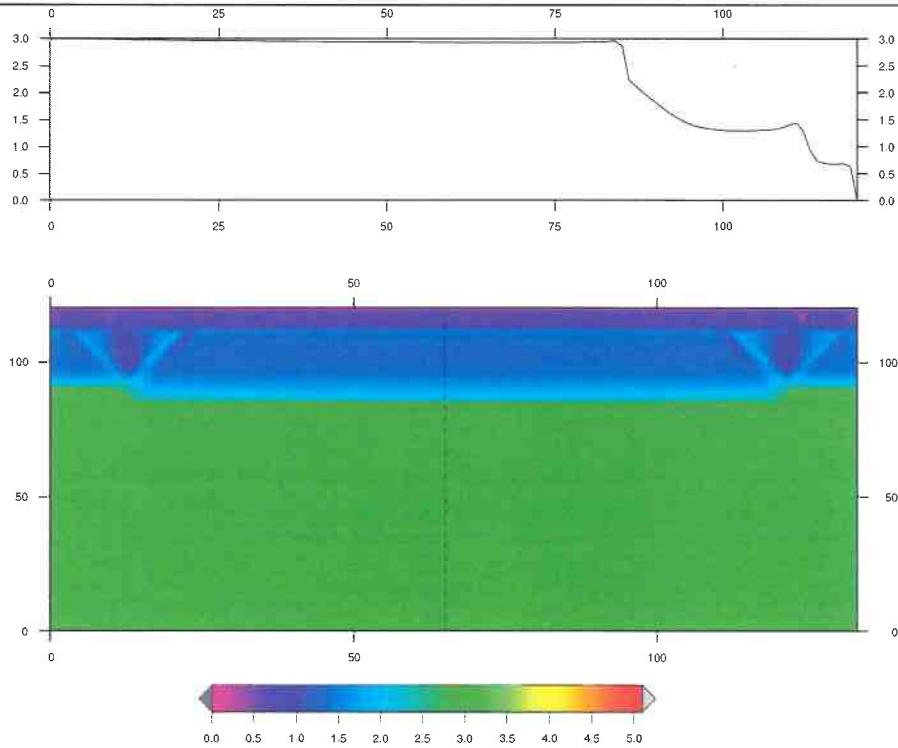


Figure 42: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

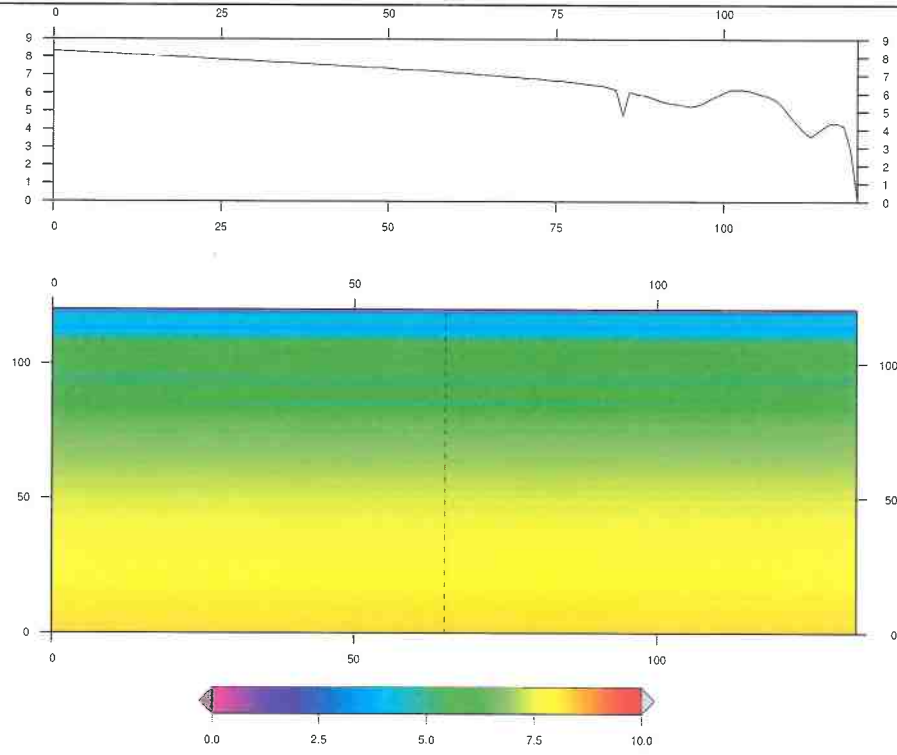


Figure 43: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

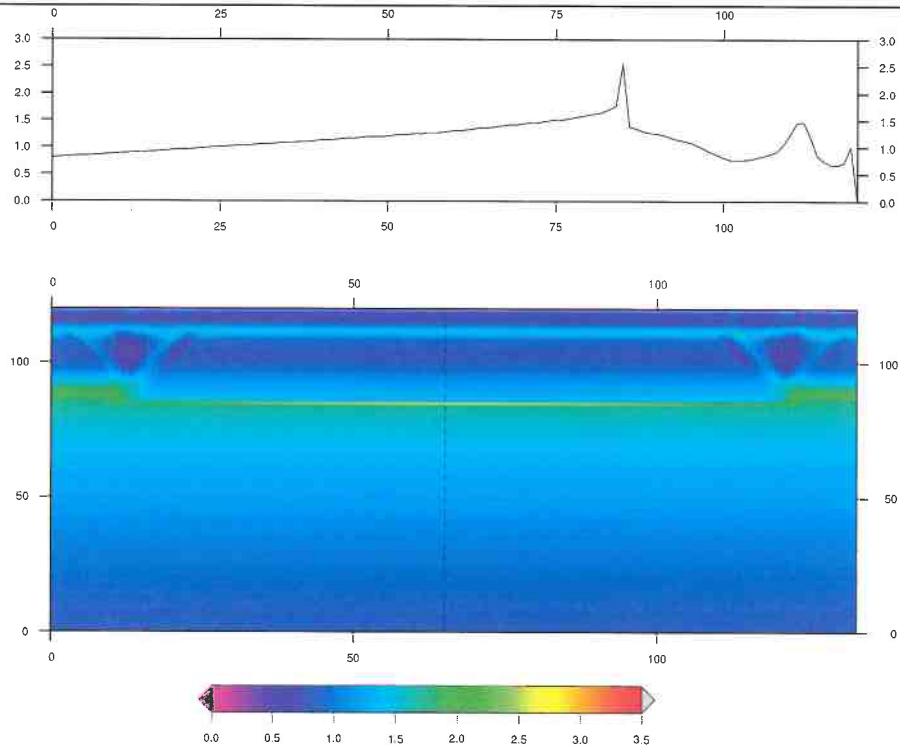


Figure 44: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

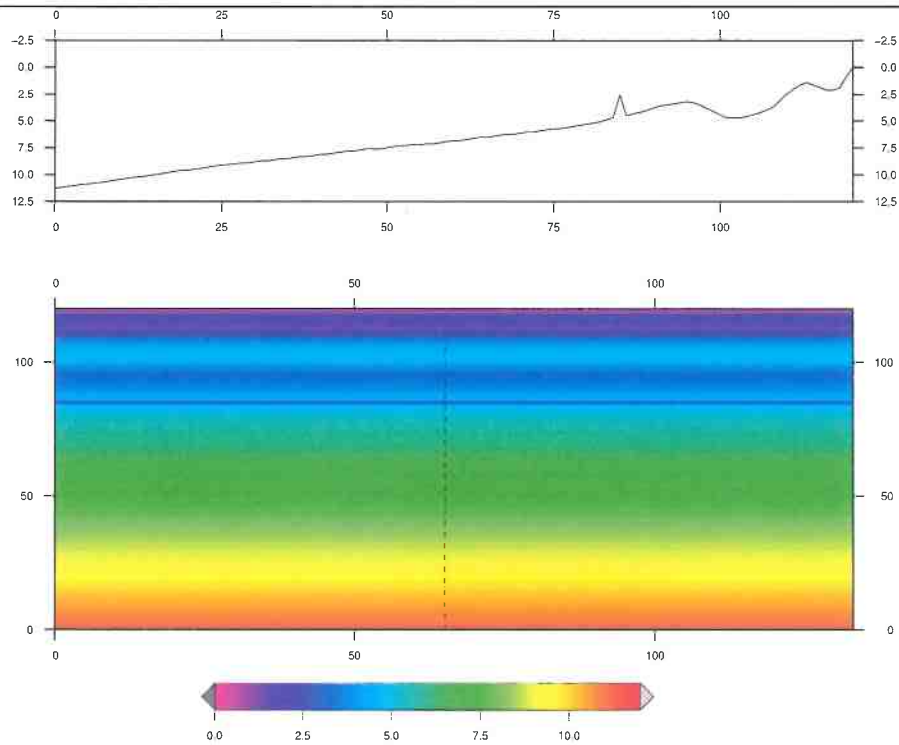


Figure 45: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

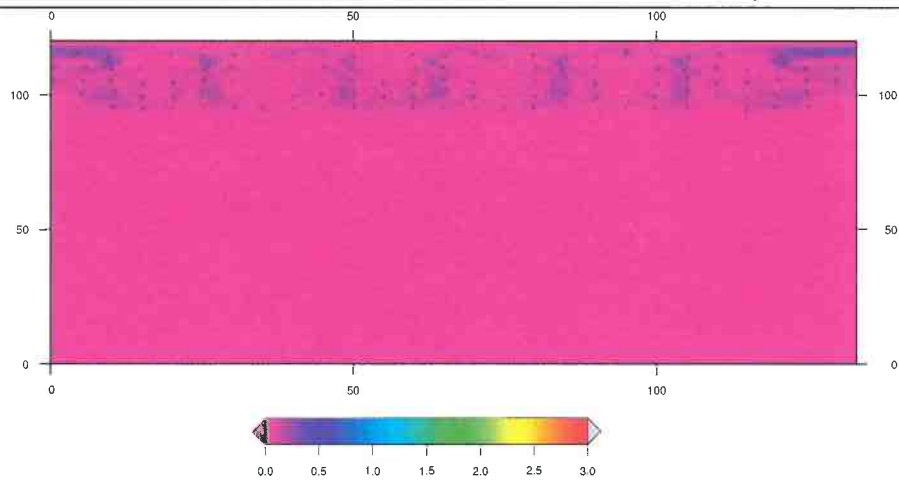


Figure 46: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

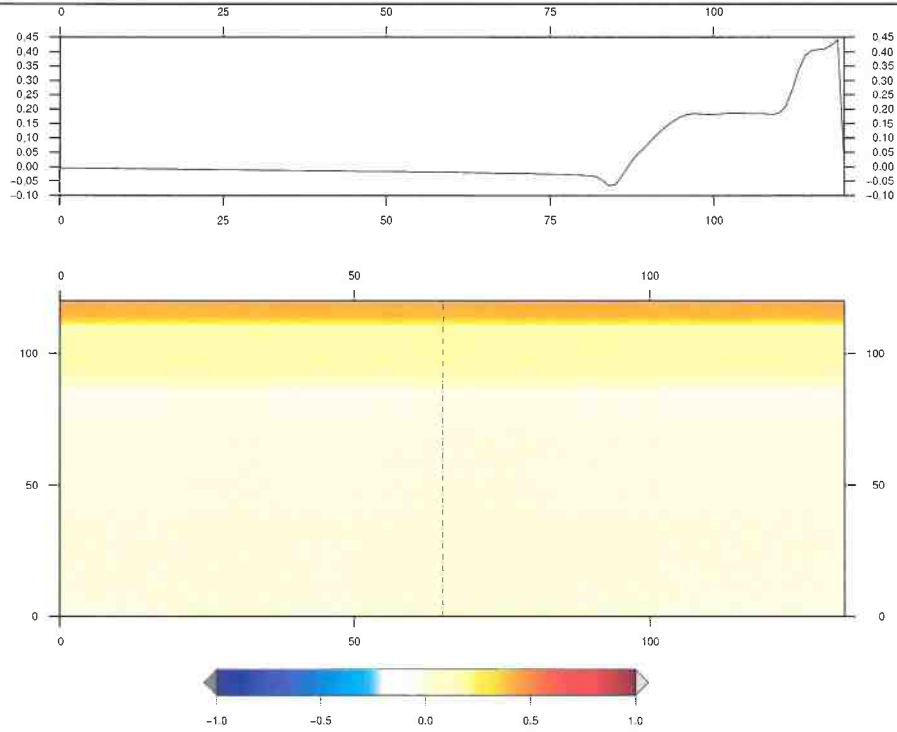


Figure 47: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

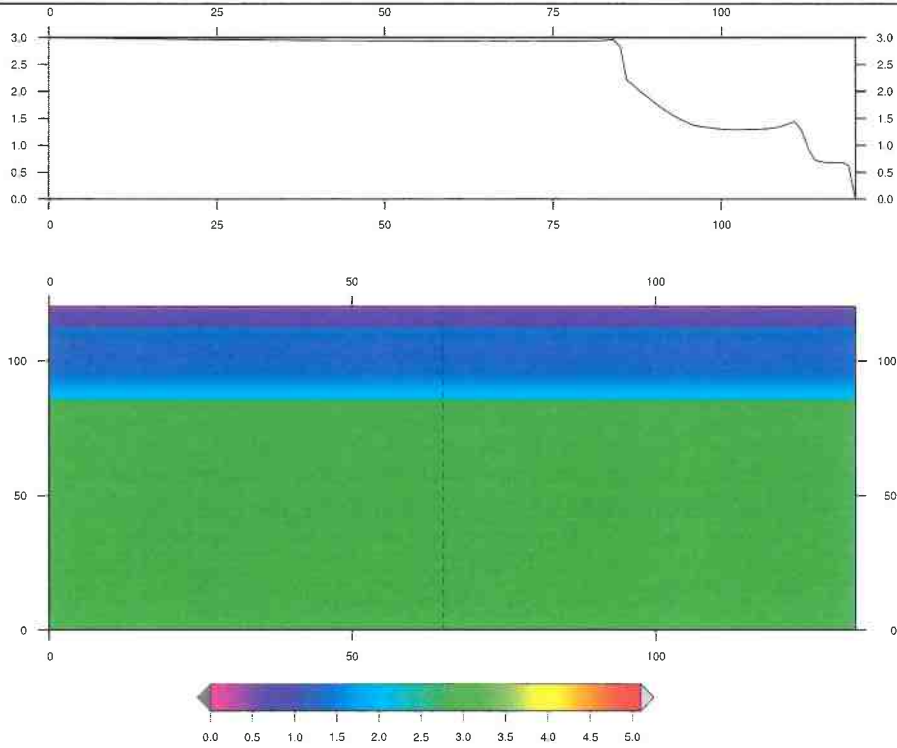


Figure 48: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

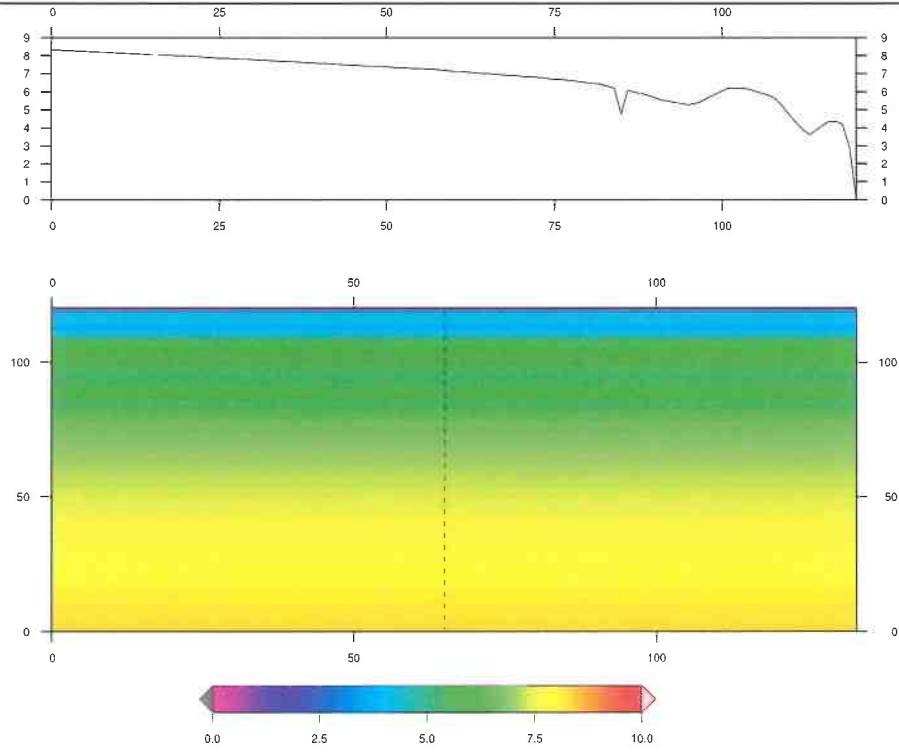


Figure 49: Short wave celerity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

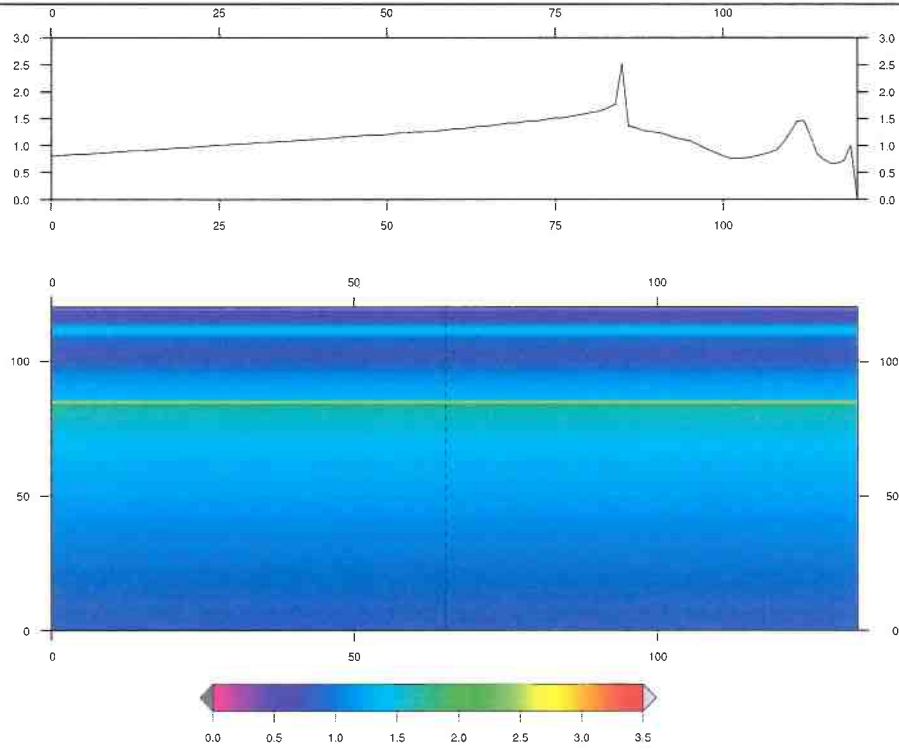


Figure 50: Amplitude of the bottom orbital velocity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

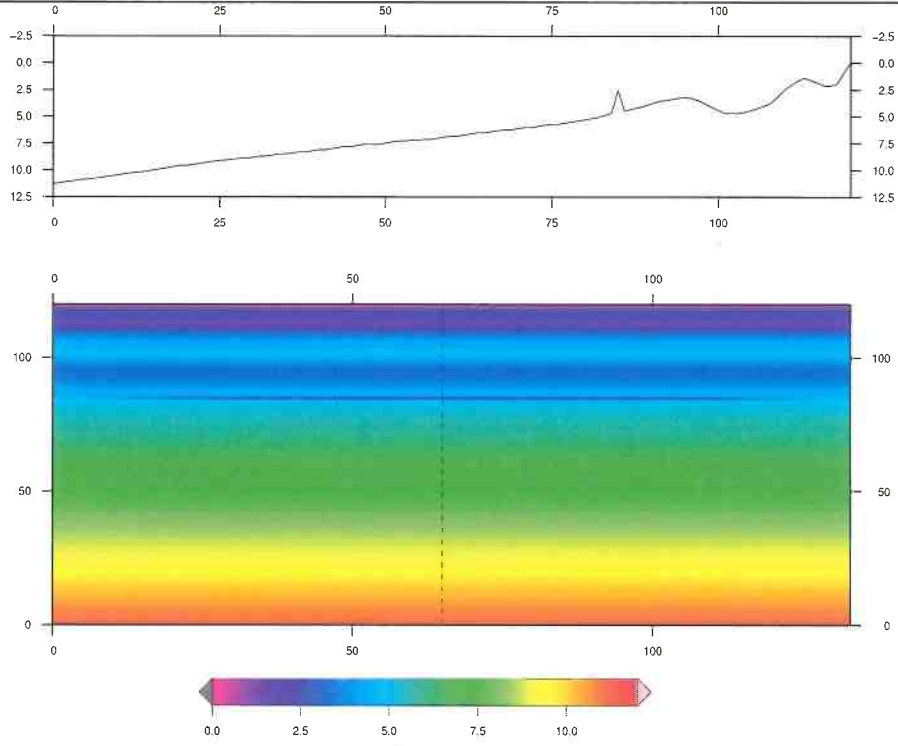


Figure 51: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

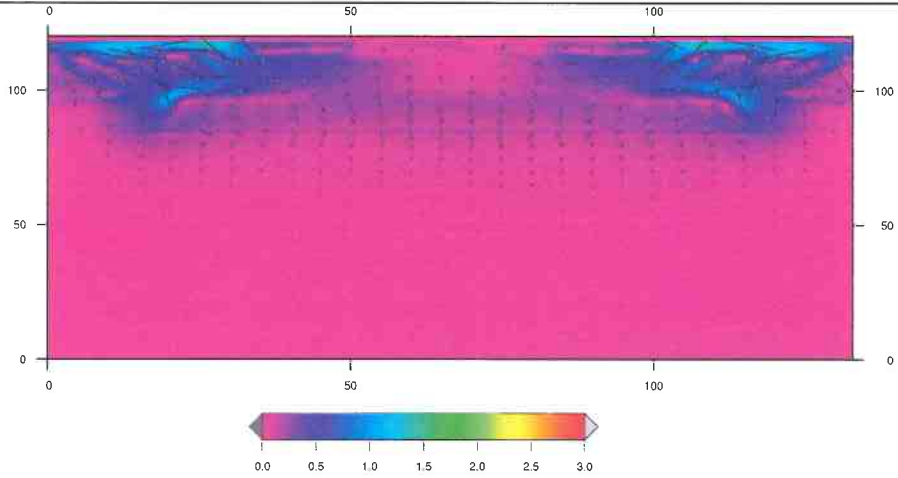


Figure 52: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

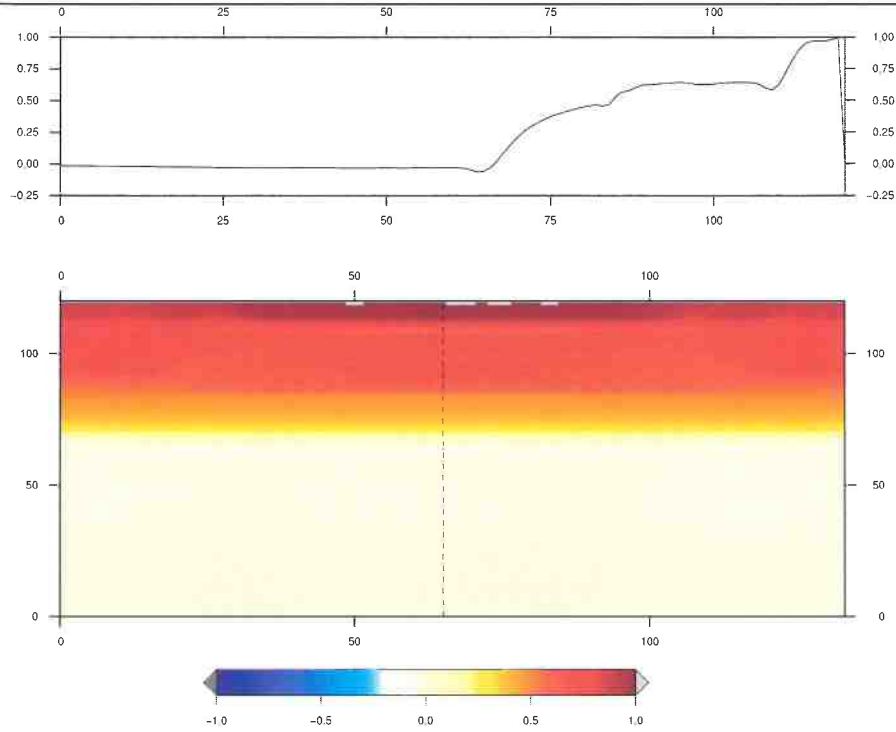


Figure 53: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

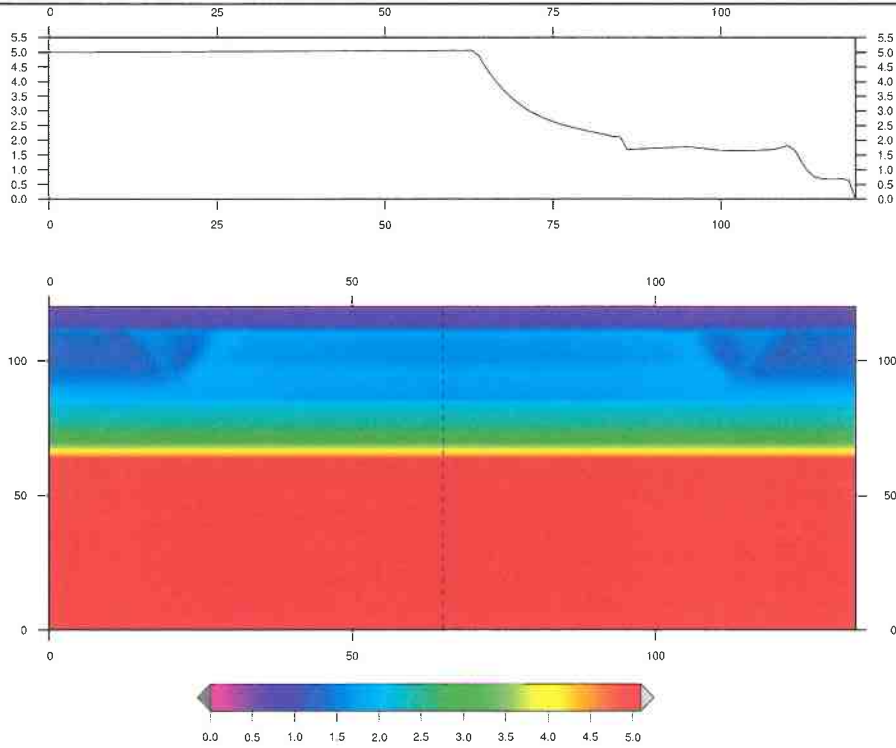


Figure 54: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

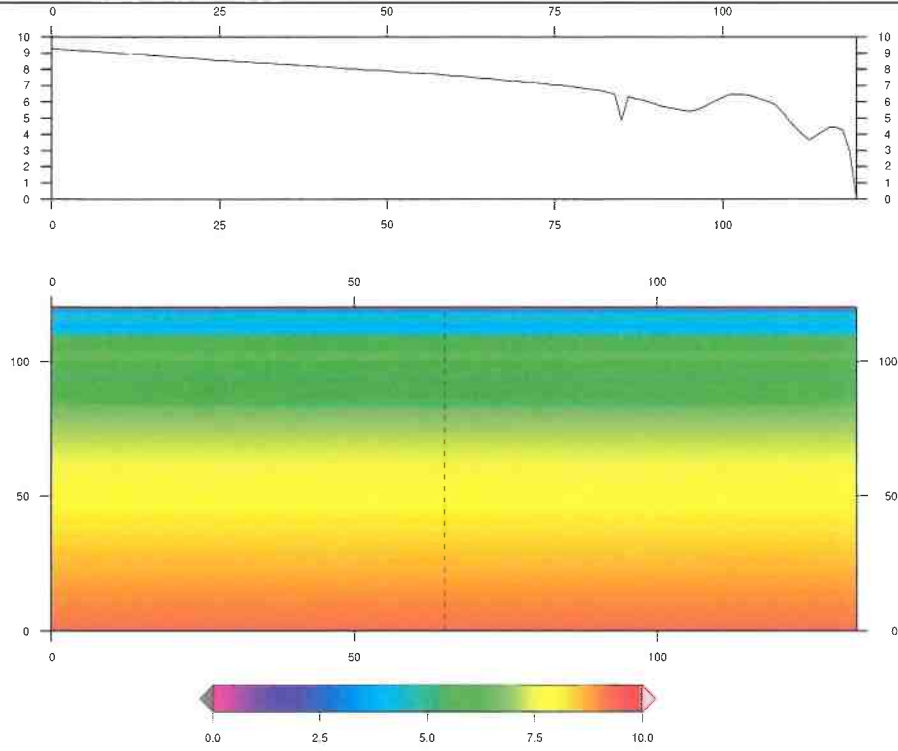


Figure 55: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

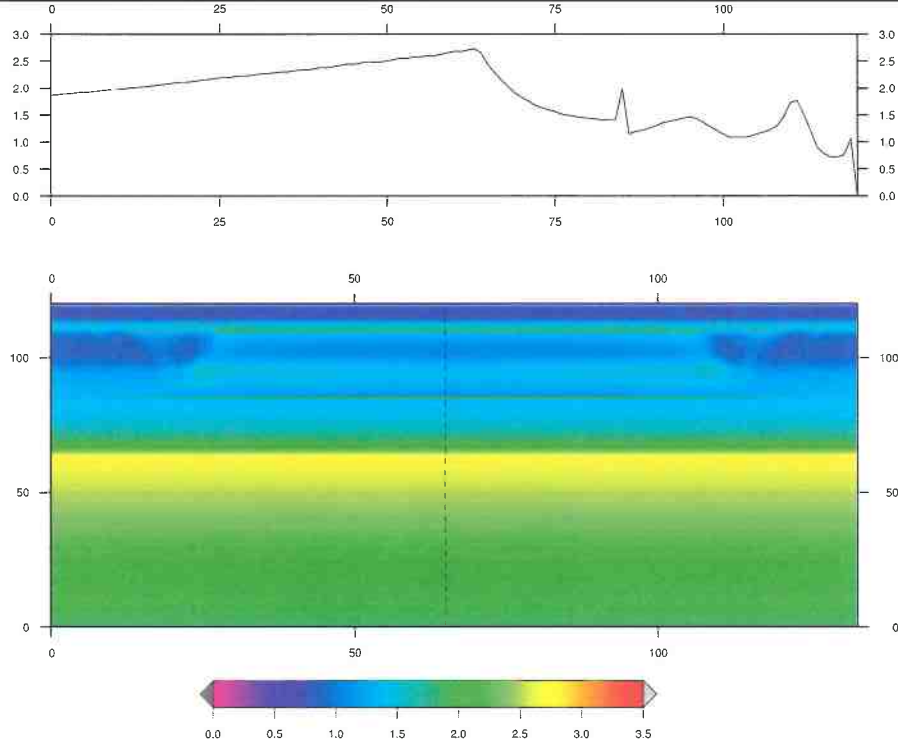


Figure 56: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

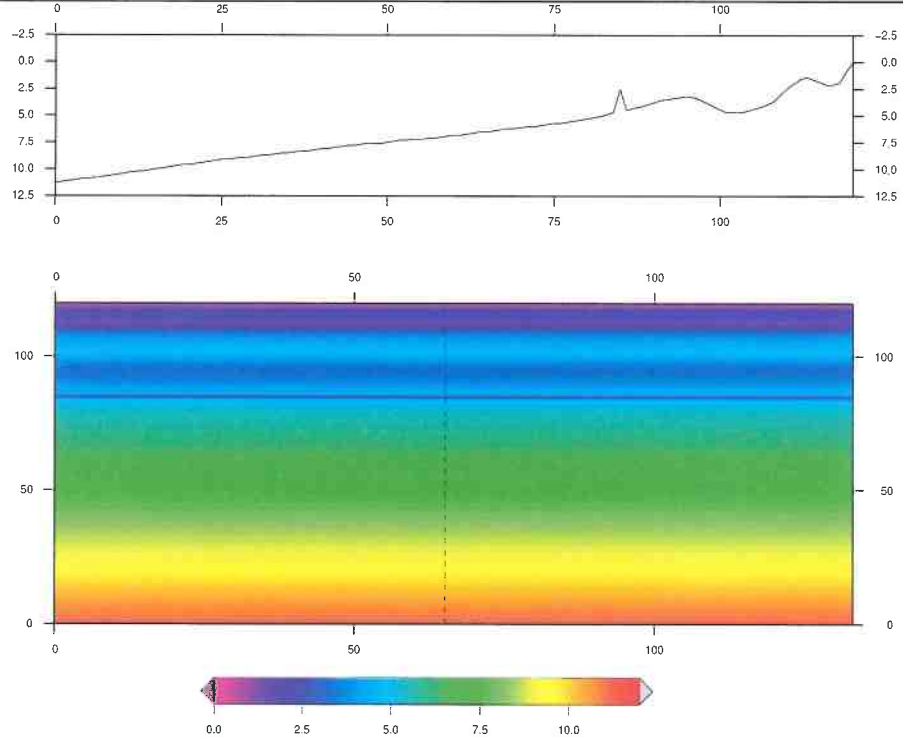


Figure 57: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

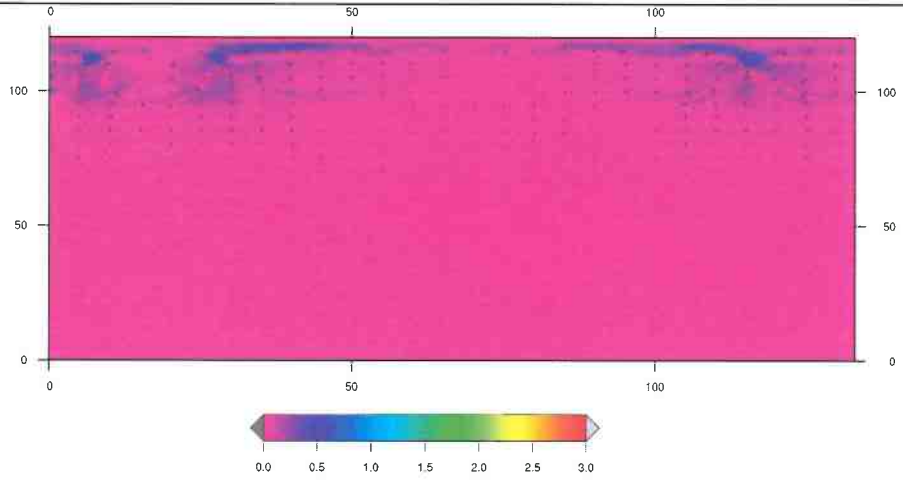


Figure 58: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

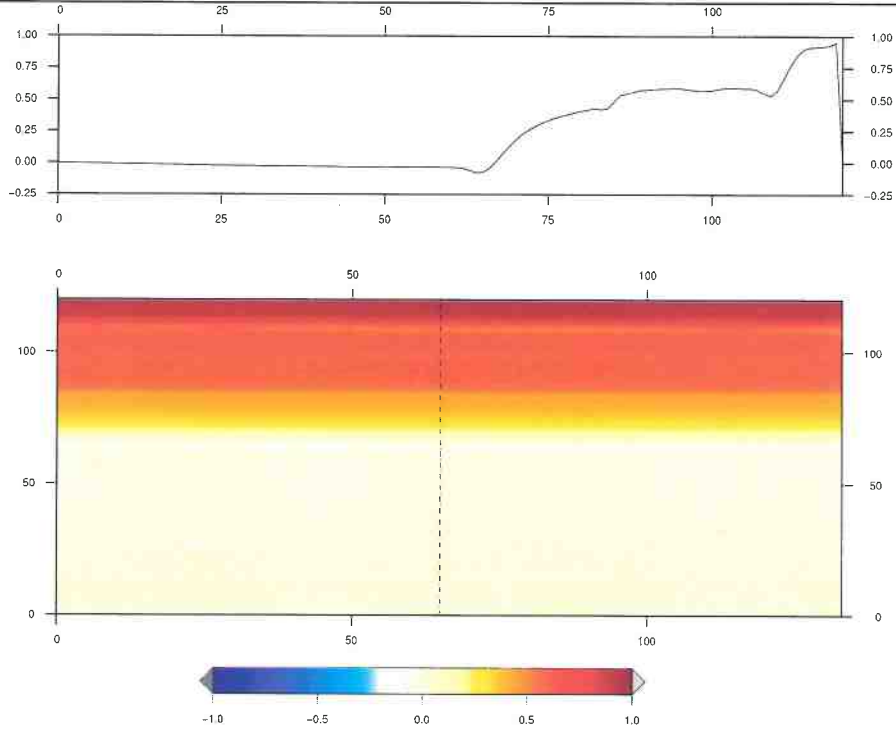


Figure 59: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

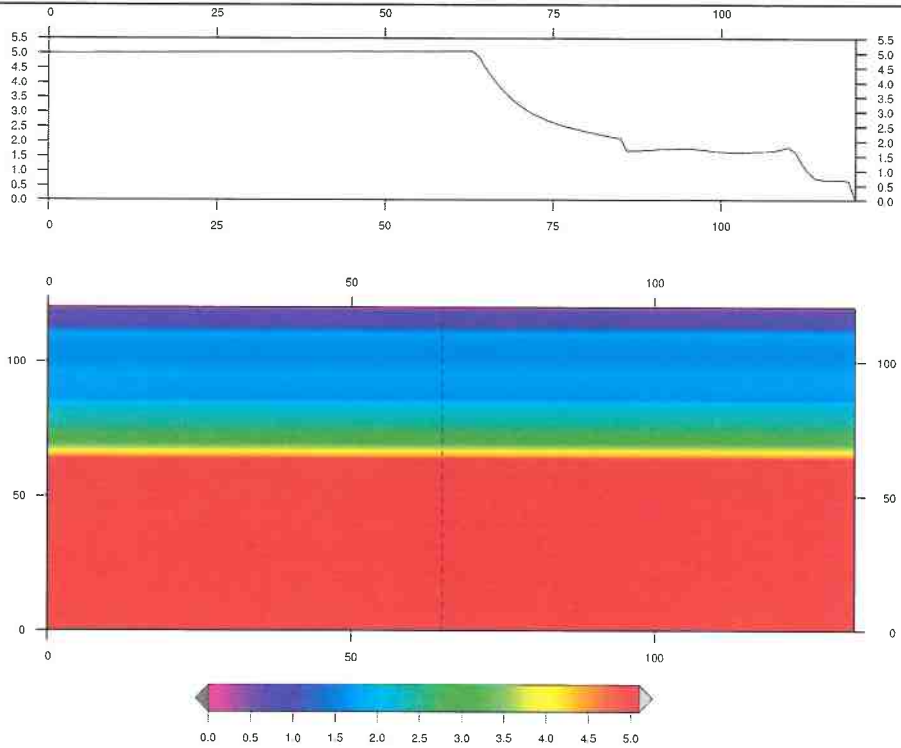


Figure 60: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

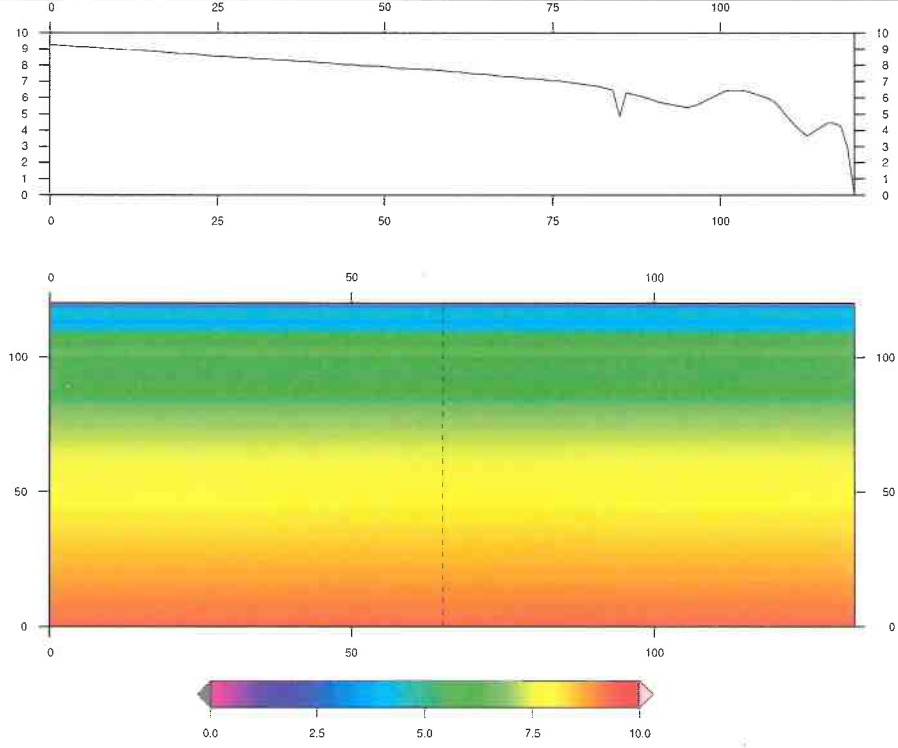


Figure 61: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 00^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

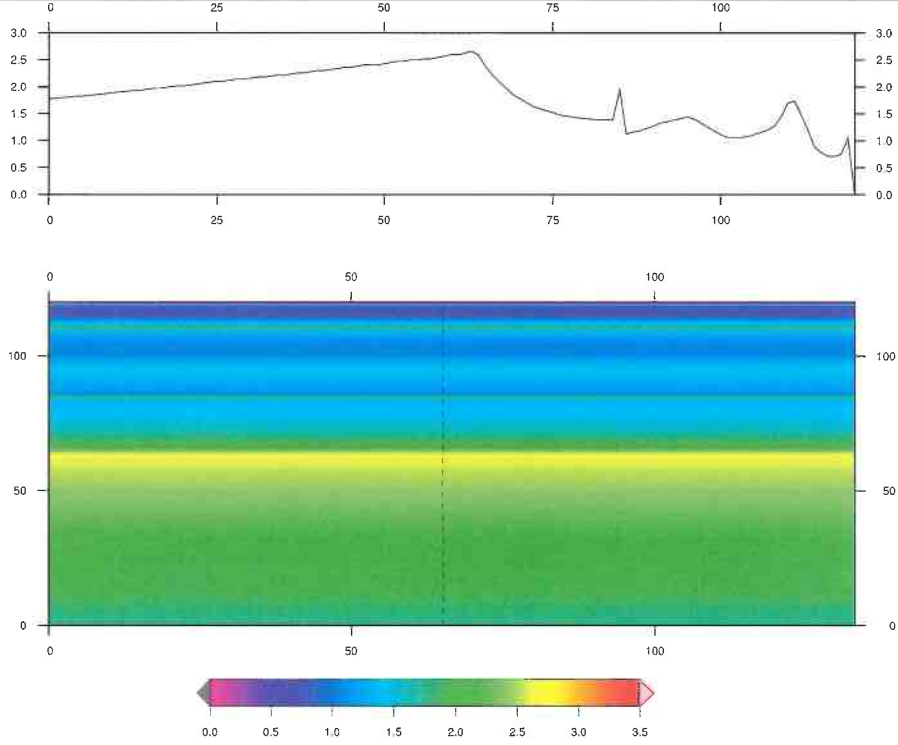


Figure 62: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

4.4 Waves with 15° relative incident angle

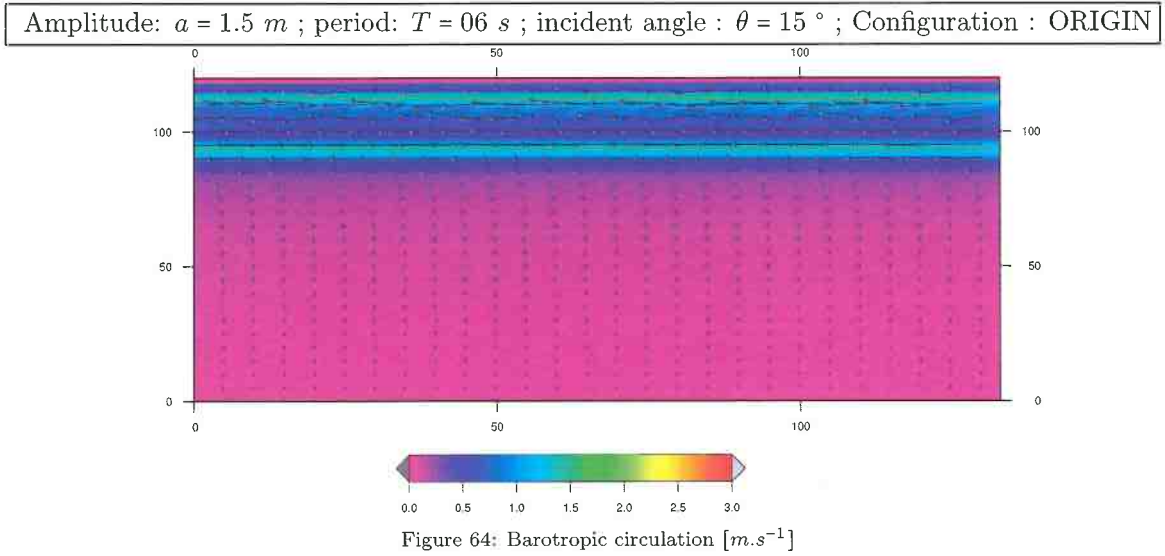
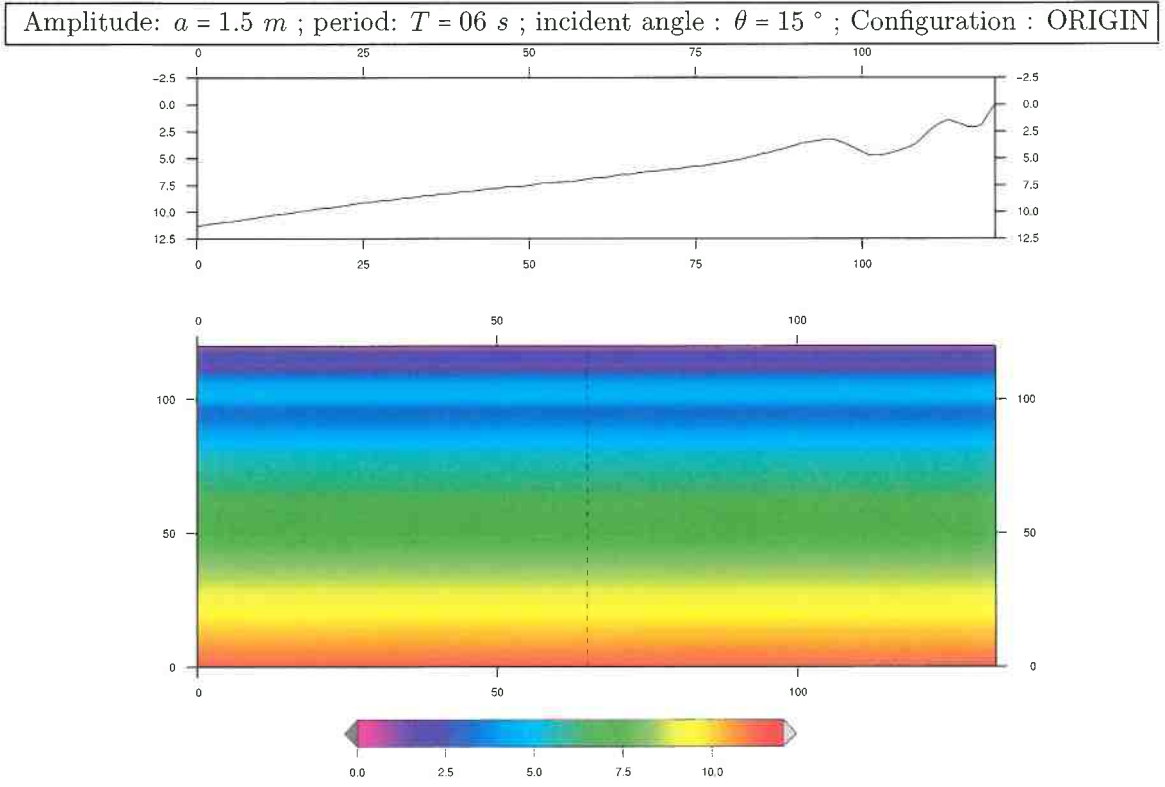
Barotropic circulation for 15° incident waves is characterized by a well-expressed alongshore component for any computation. Maximal velocities observed for ORIGIN configuration were about 1.2 m.s^{-1} for moderate storms and more than 2.5 m.s^{-1} for severe waves. The order of magnitude of these maxima is not changed in presence of geotubes. Simulation on bottom conditions TYPE-A-extrude, TYPE-B-classic and TYPE-B-extruded show spatial distribution of the velocity very similar to that observed for configuration ORIGIN. The orientation of the current is consistent with the projection of the wave number vector along the coastline, and corresponds to a classical longshore oblique wave driven drift. On most of the simulation, the configurations with a defense structure show a lower mean alongshore current at the lee side of the geotube. This can be interpreted as follows: when waves pass over the geotube, they preferentially shoal and break (more than under the same conditions with the ORIGIN configuration); consequently, potential energy is lost and horizontal flux momentum is given to the system. Very locally, current may increase. But as soon as waves propagate within the inner surf, the alongshore current driven par radiation stresses is reduced. This is globally a good point for the fixation of sediment at the lee side of the geotube, beyond the reduction of the global wave potential energy.

However, simulations on configuration TYPE-A-classic highlight the presence of counter current seaward the geotube. This may be explained by the fact that geotube introduces in the lee of its downdrift lateral boundary some perturbations of the circulation. These alterations lead to local currents with a small component oriented seaward that favor the numerical development of such counter circulation. The counter circulation does not occur on simulations for configuration TYPE-A-extruded where the perturbation of the circulation at the lateral boundaries of geotube cannot occur. Moreover, lateral boundaries conditions on the grid for those various simulations are the same. Consequently, the lack of counter circulation for bottom condition 2 demonstrates that this counter circulation is not related to a bad management of the lateral boundary conditions in the simulations.

Last, for bottom conditions TYPE-B (both classic and extruded), the segment along any cross shore profile where the velocity is greater than e.g. 2 m.s^{-1} is systematically smaller than that observed for configuration ORIGIN. This is not true for configurations TYPE-A. This result points out a significant reduction of the along shore current at the lee of the geotube if deployed closed to the crest of the sand bar. Regarding this question, TYPE-B defense structures could be better than TYPE-A. Finally, both TYPE-A and TYPE-B structures are good for reducing (or at least not increasing) the alongshore current at the lee side of the hydraulic bar.

Regarding the mean water elevation η at the shore, things are a little bit more complicated. For the configuration ORIGIN, we observe a setup around 0.9 m for $H_s = 3 \text{ m}$ and $\approx 0.5 \text{ m}$ for $H_s = 5 \text{ m}$. For the TYPE-A configurations, the setup taken at the same location is of the order of 0.2 m (respectively 0.6 m for extruded) for a $H_s = 3 \text{ m}$ and 1.05 m (respectively 0.9 m for extruded) for $H_s = 5 \text{ m}$. This suggests that the occurrence of a A-TYPE structure can have a positive or negative impact on the setup at the shoreline, discrepancies in between the configuration ORIGIN and the various protected beaches being very subordinate (less than 10%). For the B-TYPE configurations, the setup taken at the same location is of the order of 0.1 m (respectively 0.45 m for extruded) for a $H_s = 3 \text{ m}$ and 1 m (both for classic and extruded) for $H_s = 5 \text{ m}$. This suggests that the occurrence of a B-TYPE structure can have a positive or negative impact on the setup at the shoreline, discrepancies in between ORIGIN and the protected beaches still being very subordinate (less than 5%). For both types of defense structures, the impact to the setup at the shoreline is not strategic. All the simulations, with no exception, highlight that moderate waves drive a reduction of the setup with a defense structure, while severe storms result in an approximately constant setup ($\pm 5\%$ whatever may be the bottom configuration). The final interpretation would be to say that numerical simulations suggest that defense structures protect the nearshore zone either in terms of alongshore current or setup at the shoreline.

4.4.1 Simulations for the configuration ORIGIN with 15° wave incident angle



Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

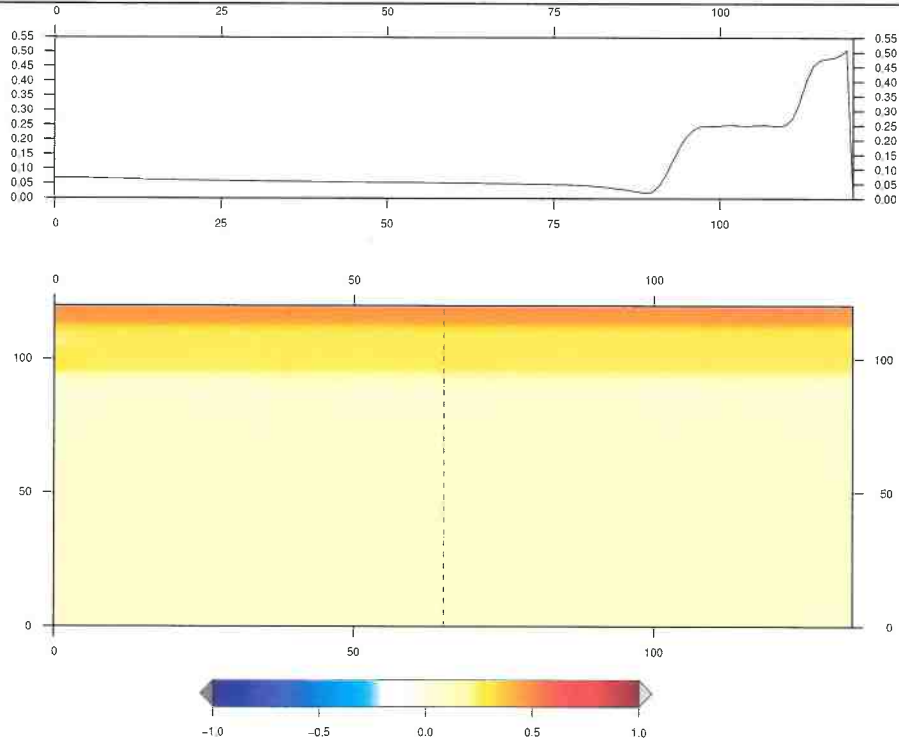


Figure 65: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

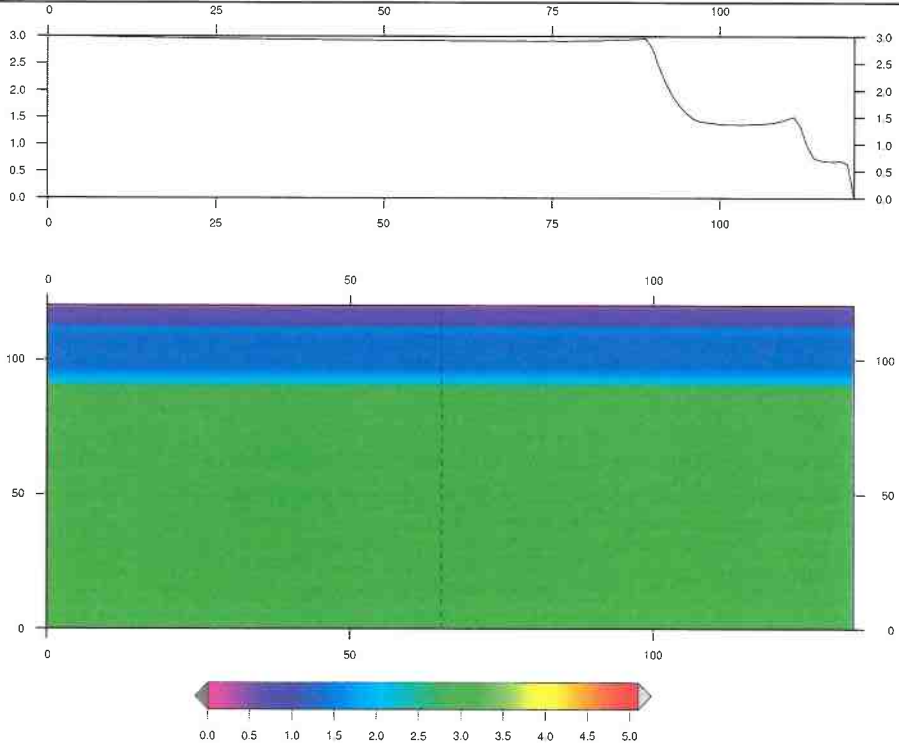


Figure 66: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

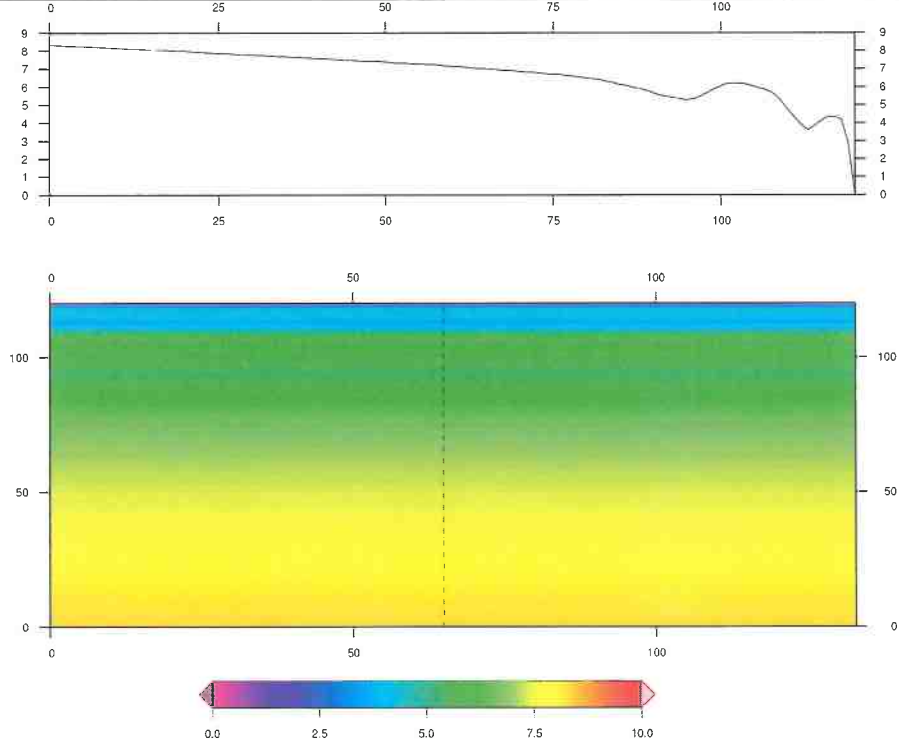


Figure 67: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

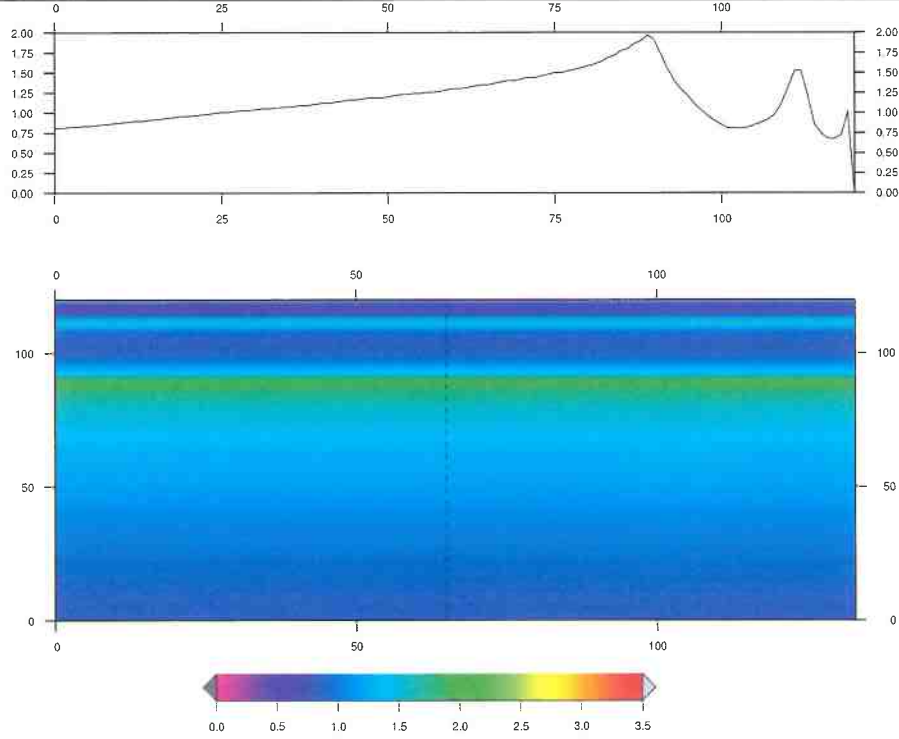


Figure 68: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

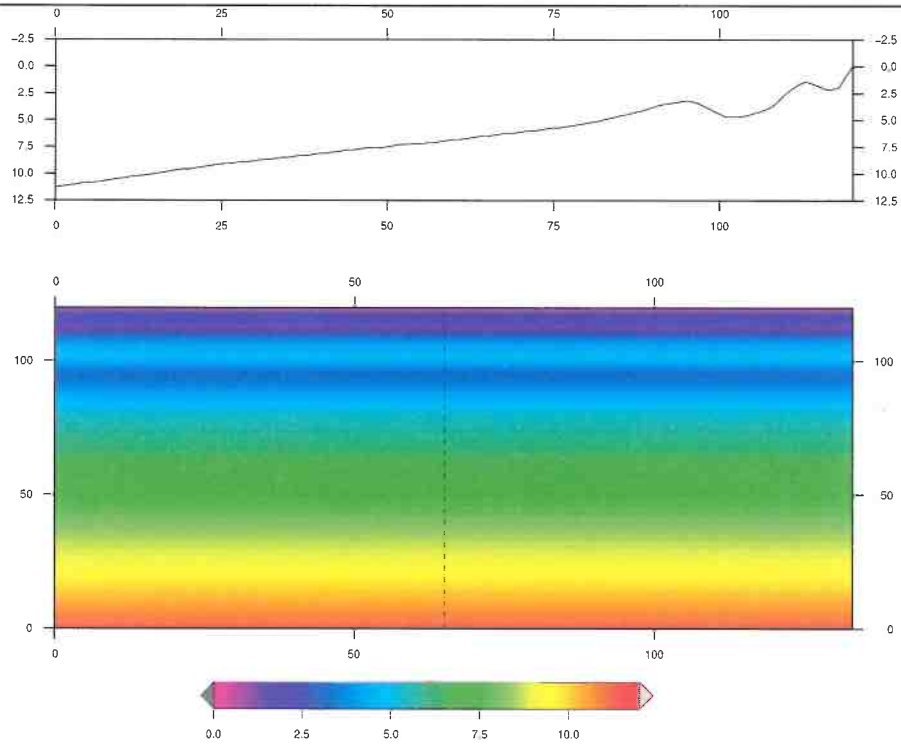


Figure 69: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

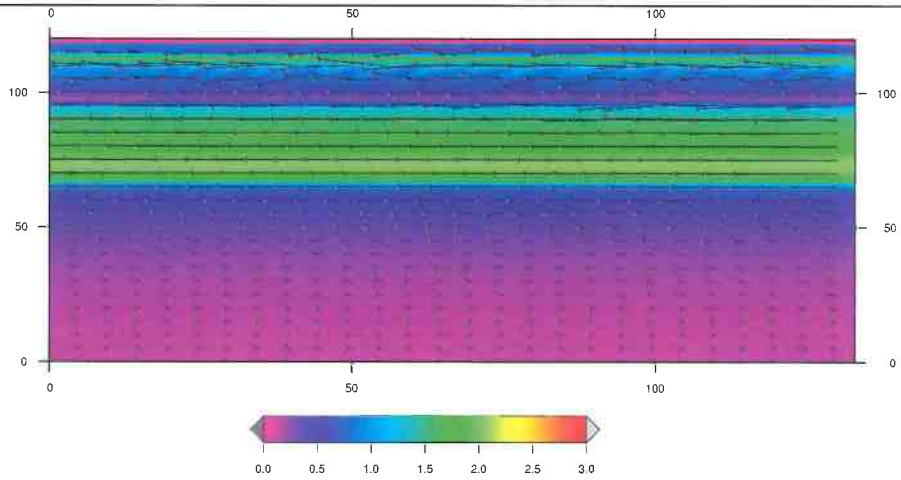


Figure 70: Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

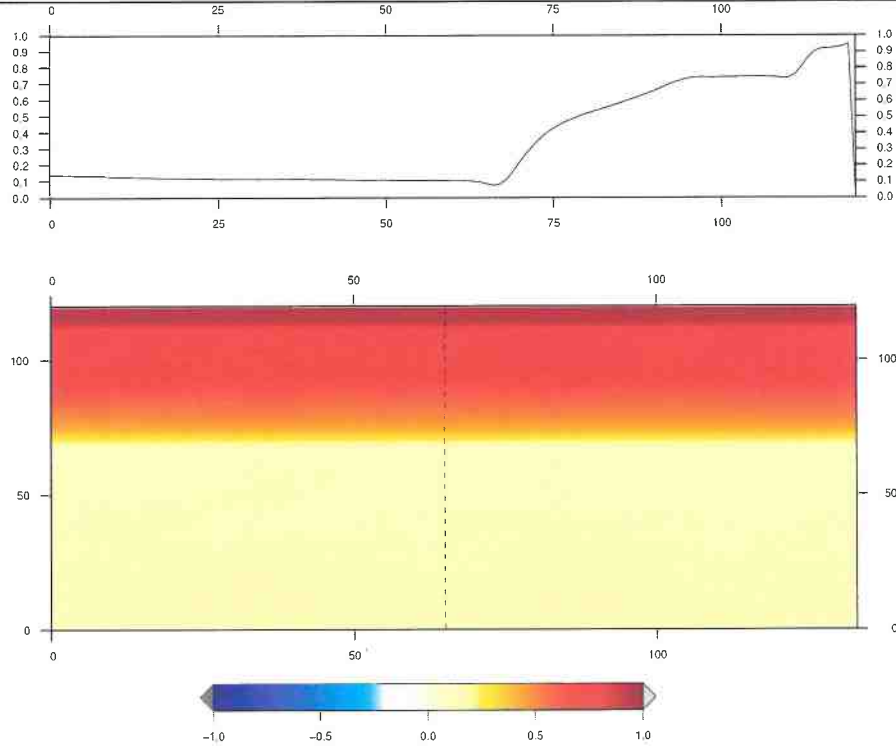


Figure 71: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : ORIGIN

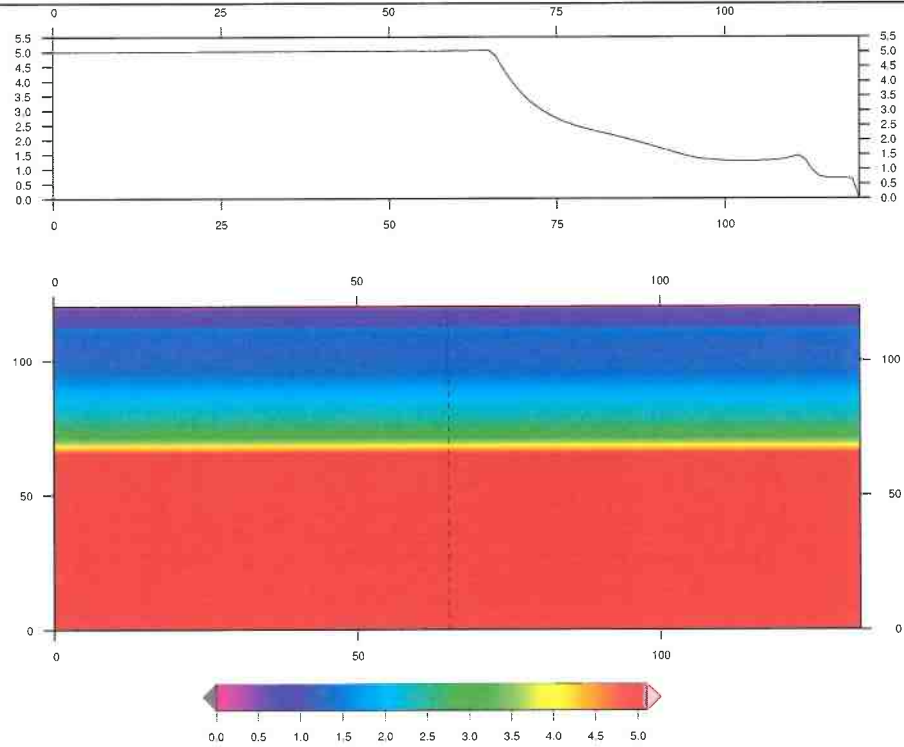
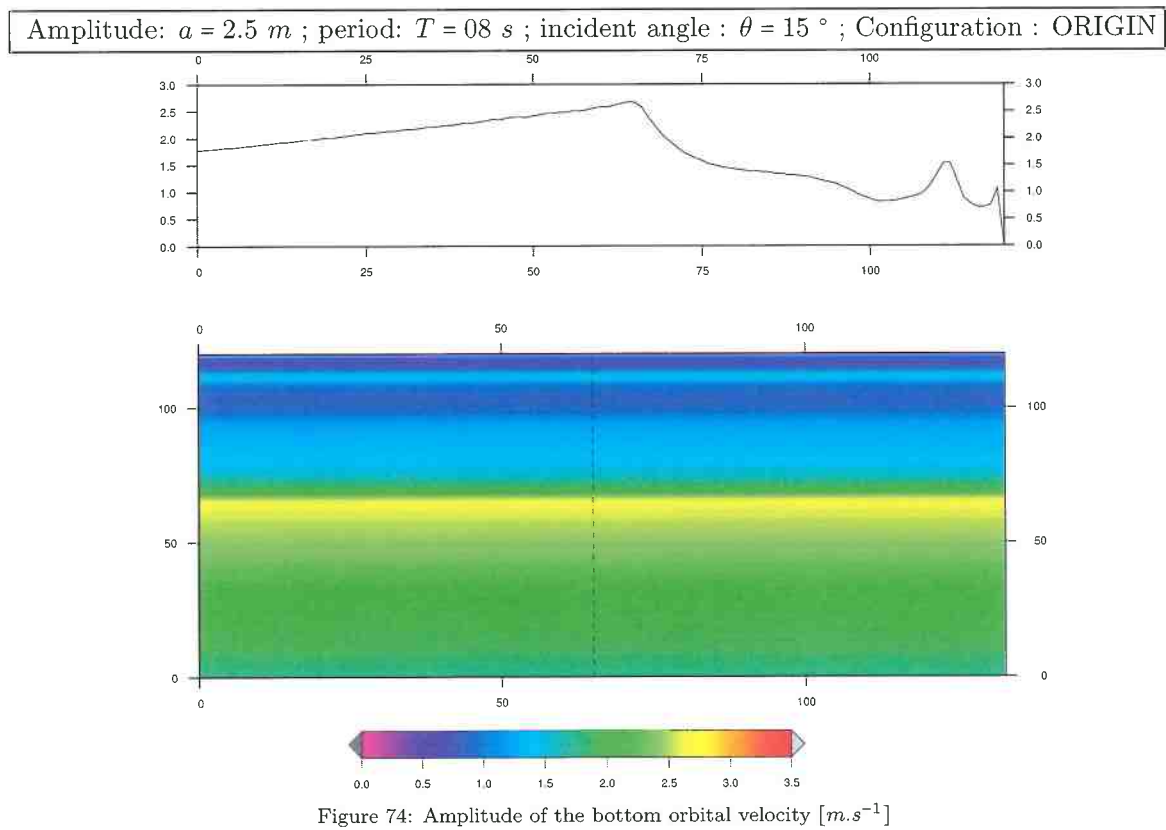
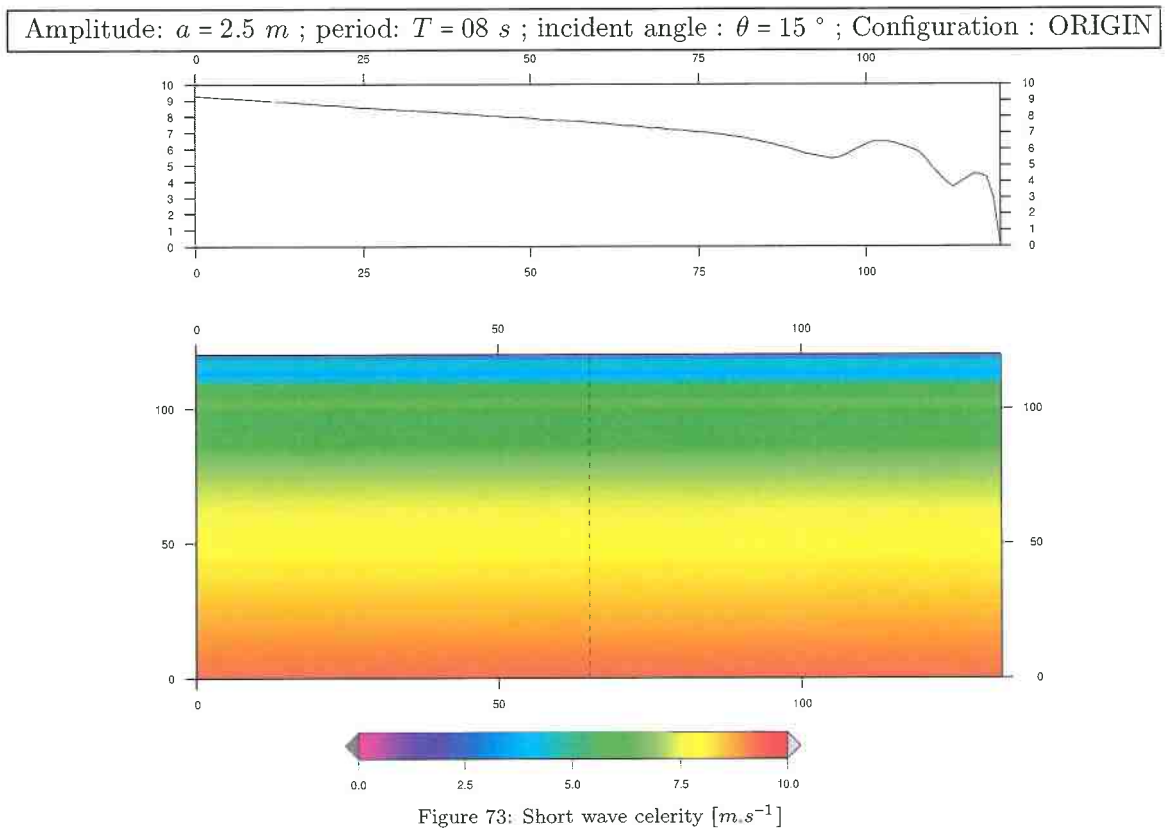


Figure 72: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns



4.4.2 Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with 15° wave incident angle

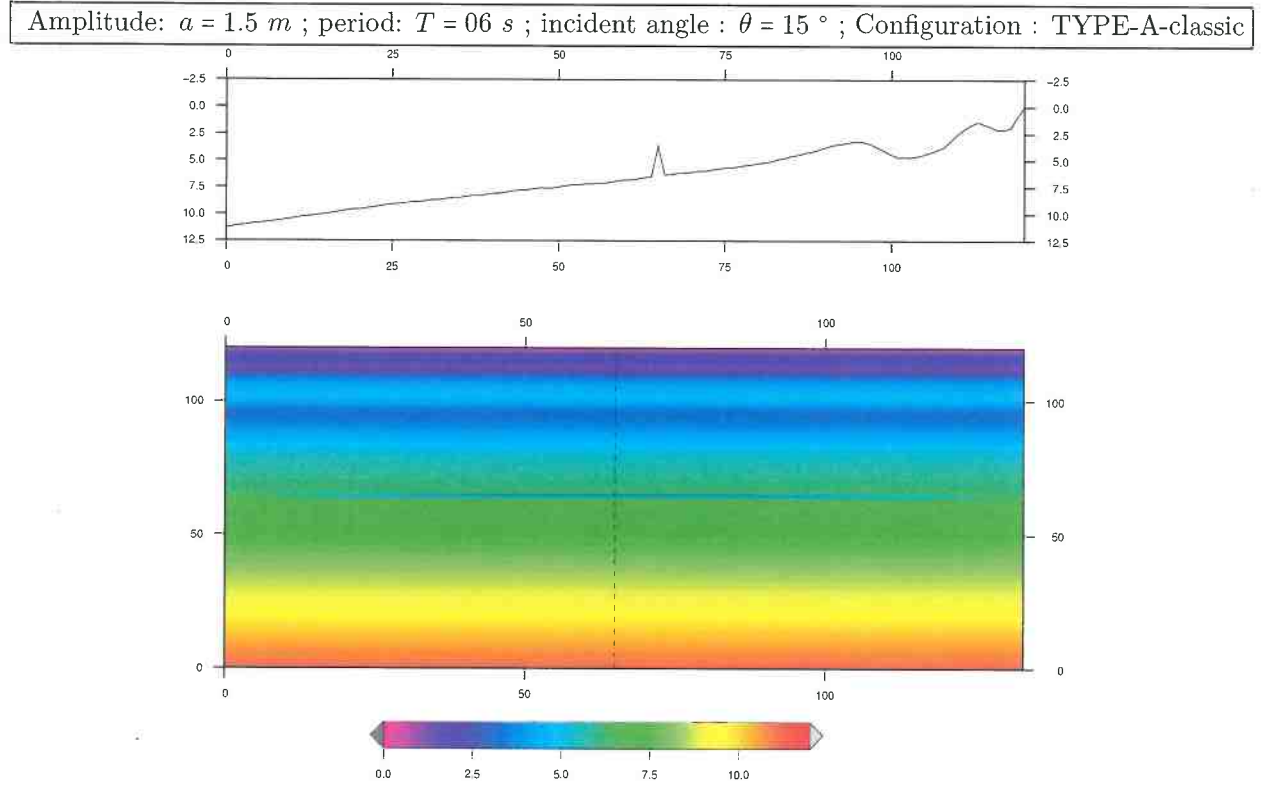


Figure 75: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

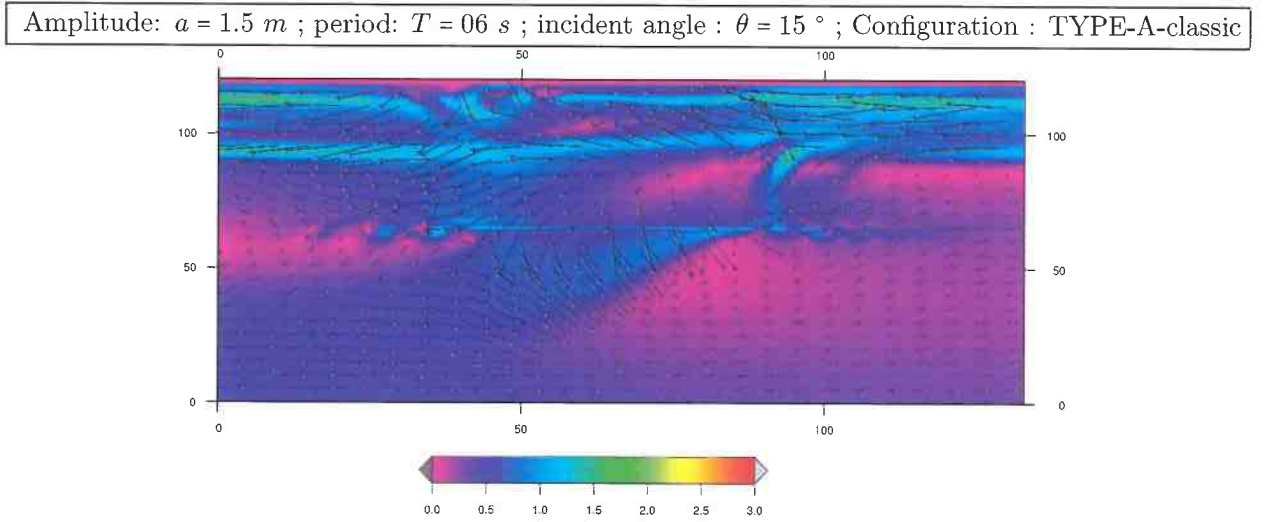


Figure 76: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

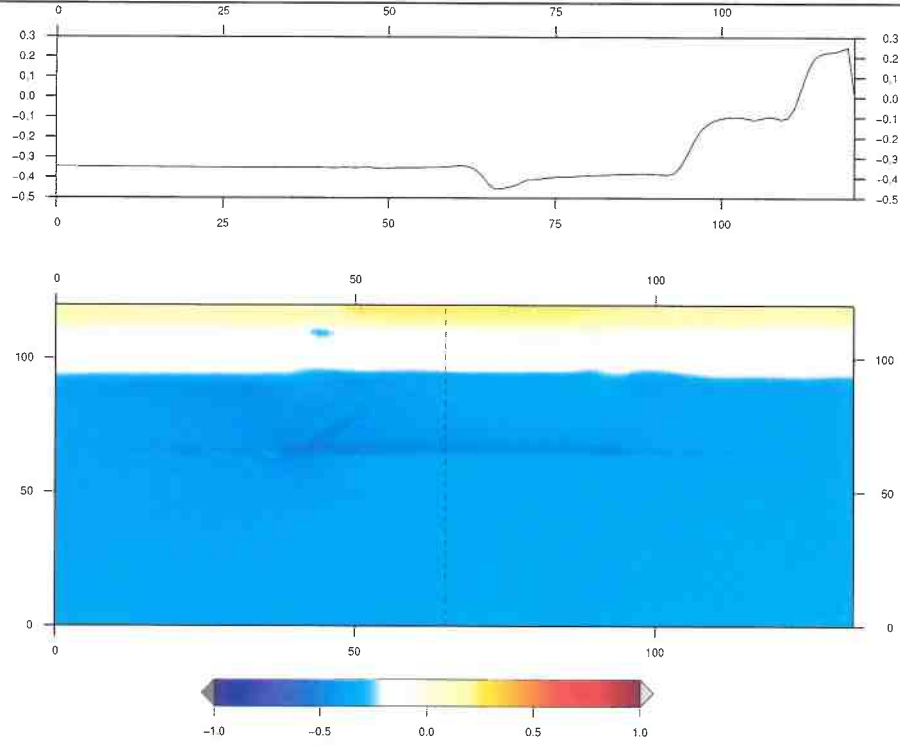


Figure 77: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

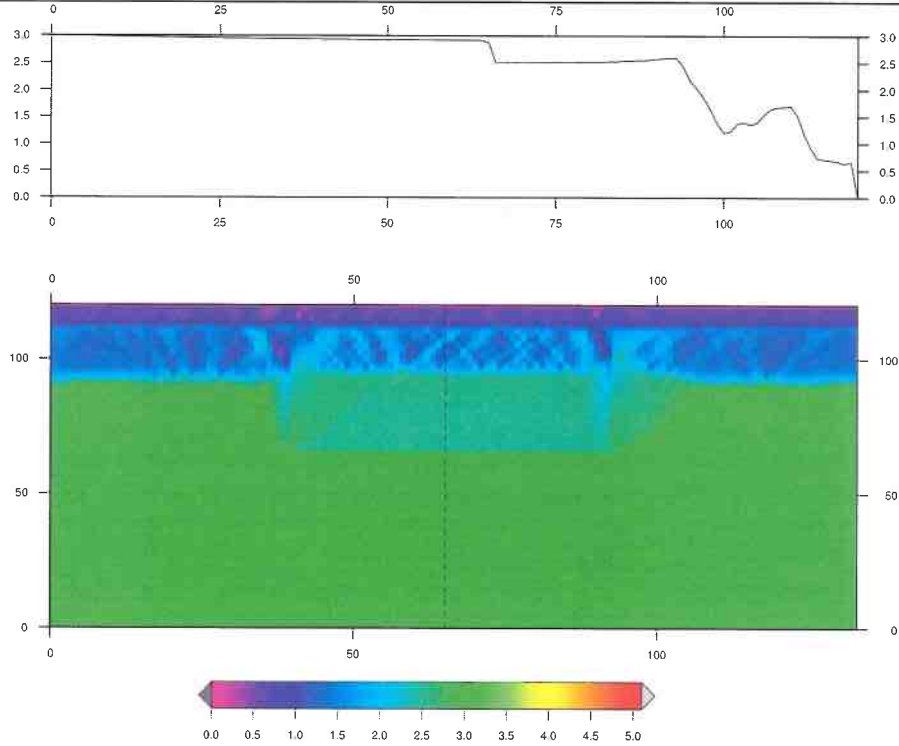


Figure 78: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

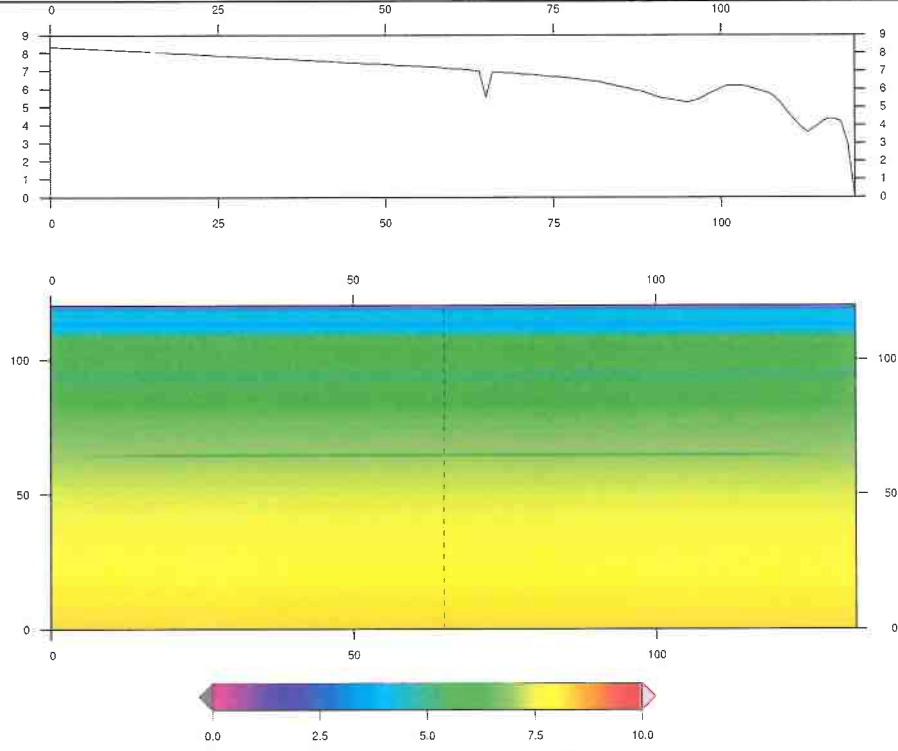


Figure 79: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

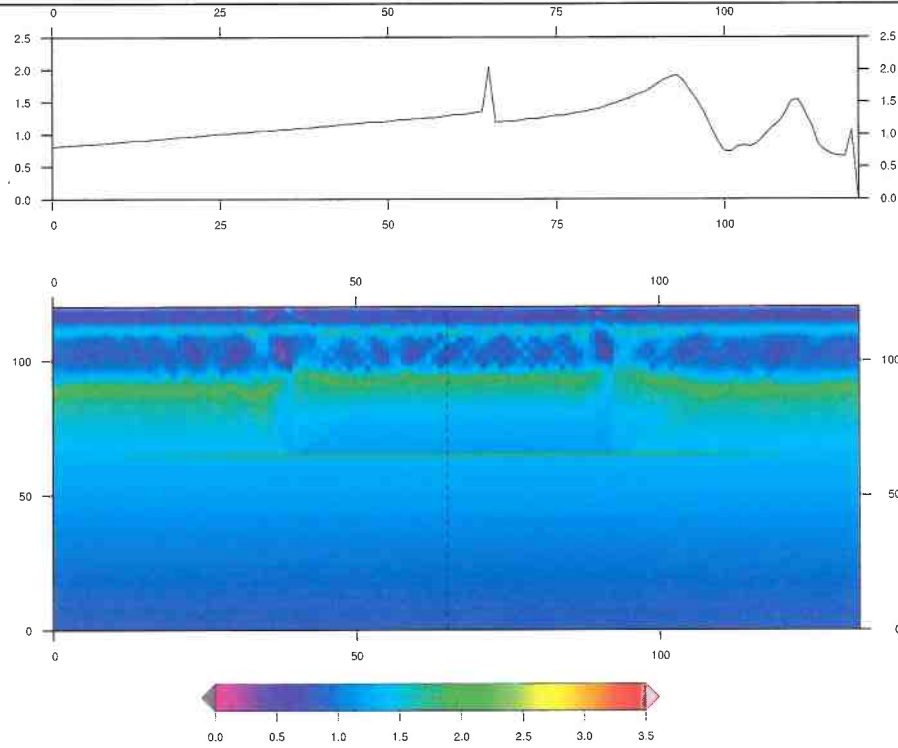


Figure 80: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

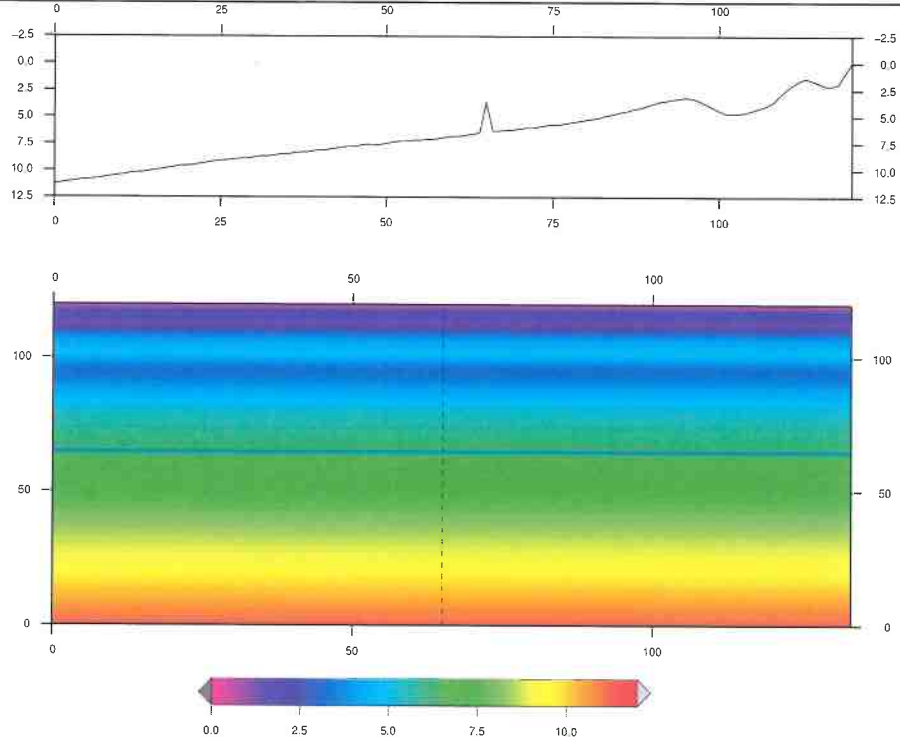


Figure 81: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

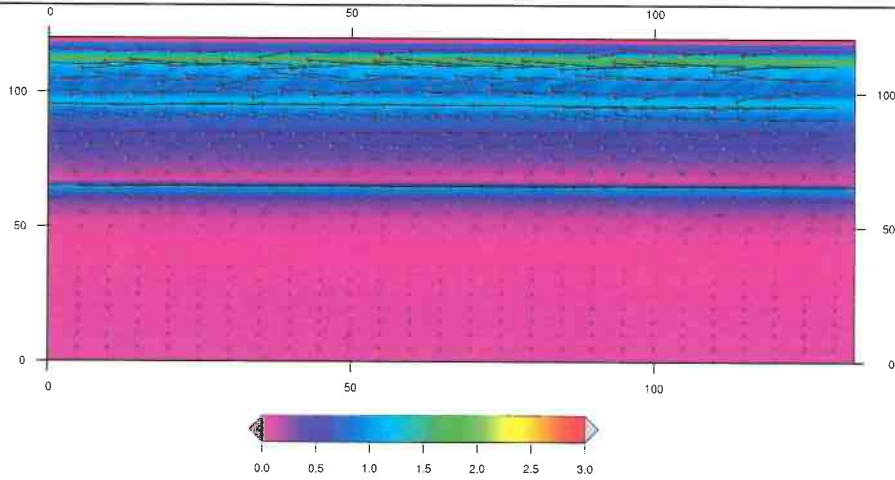


Figure 82: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

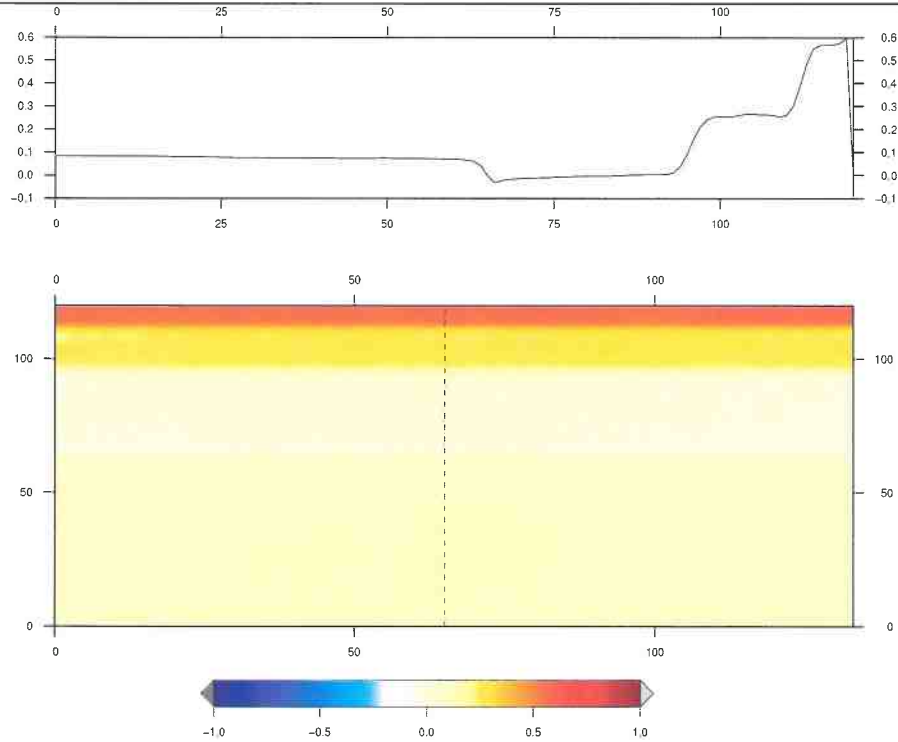


Figure 83: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

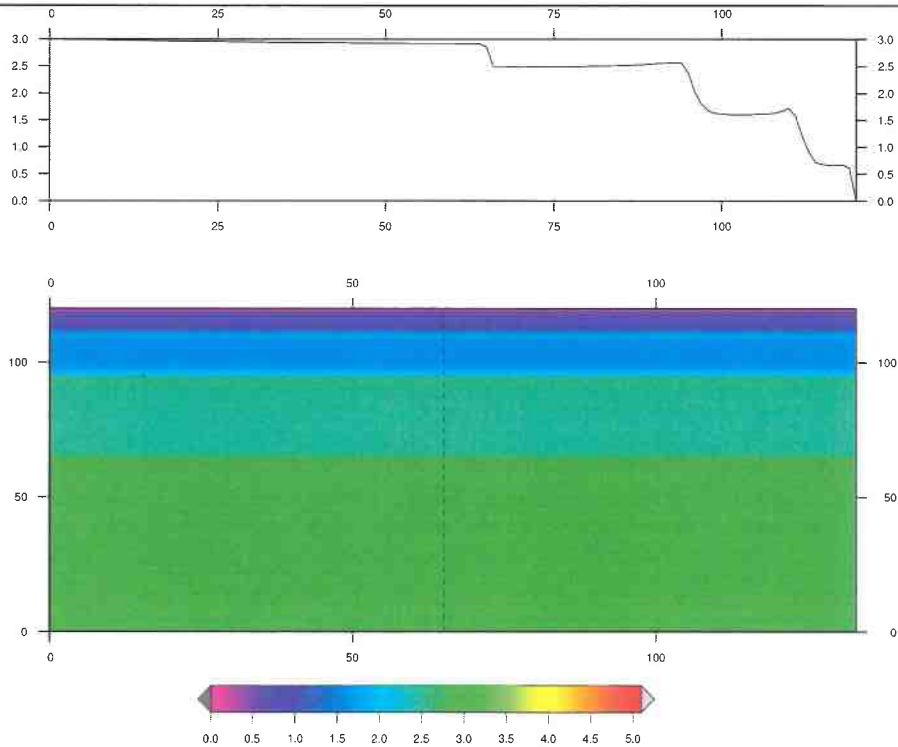


Figure 84: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

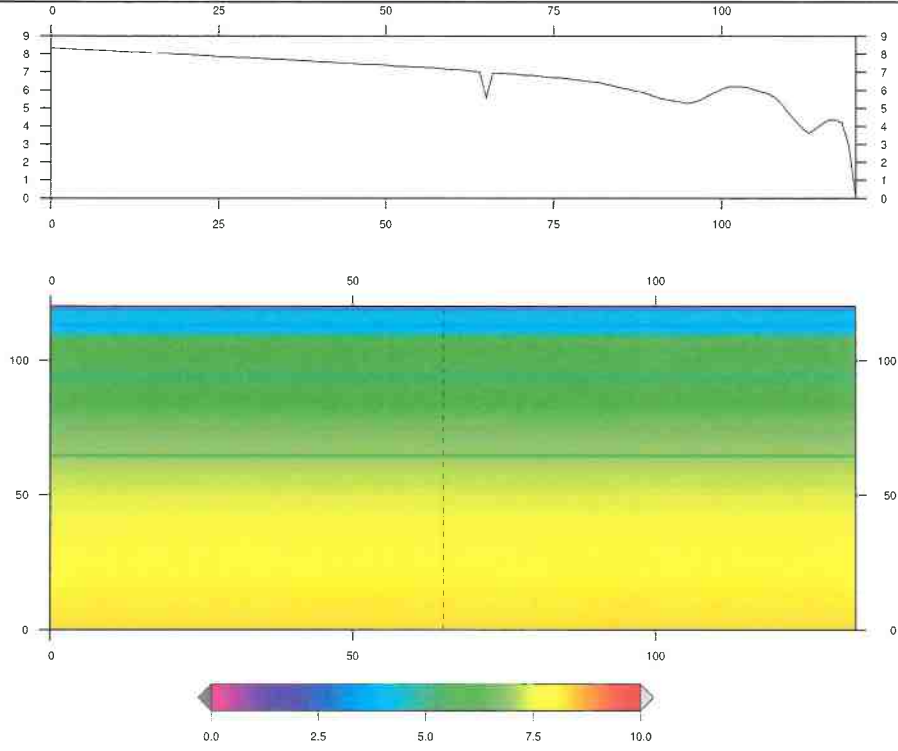


Figure 85: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

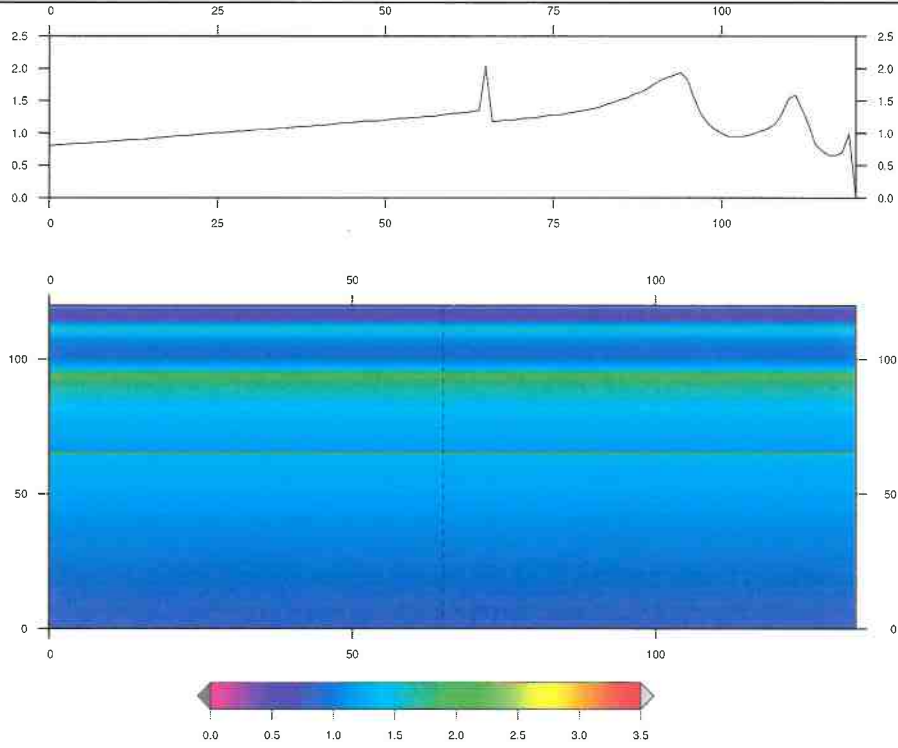


Figure 86: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

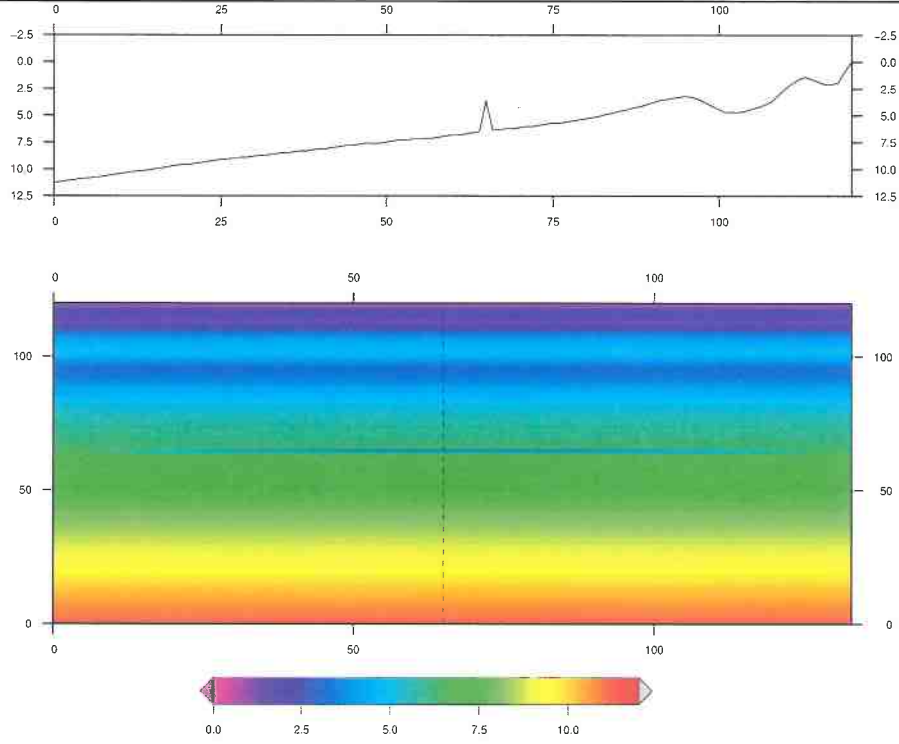


Figure 87: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

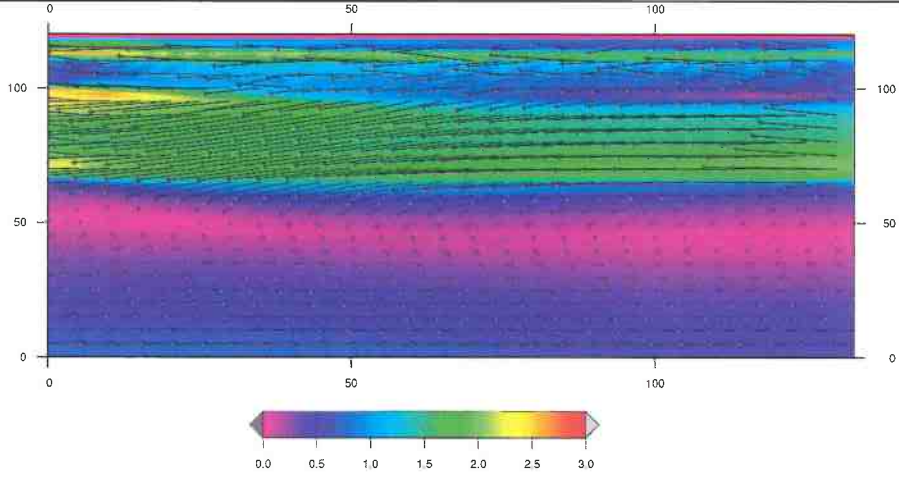


Figure 88: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

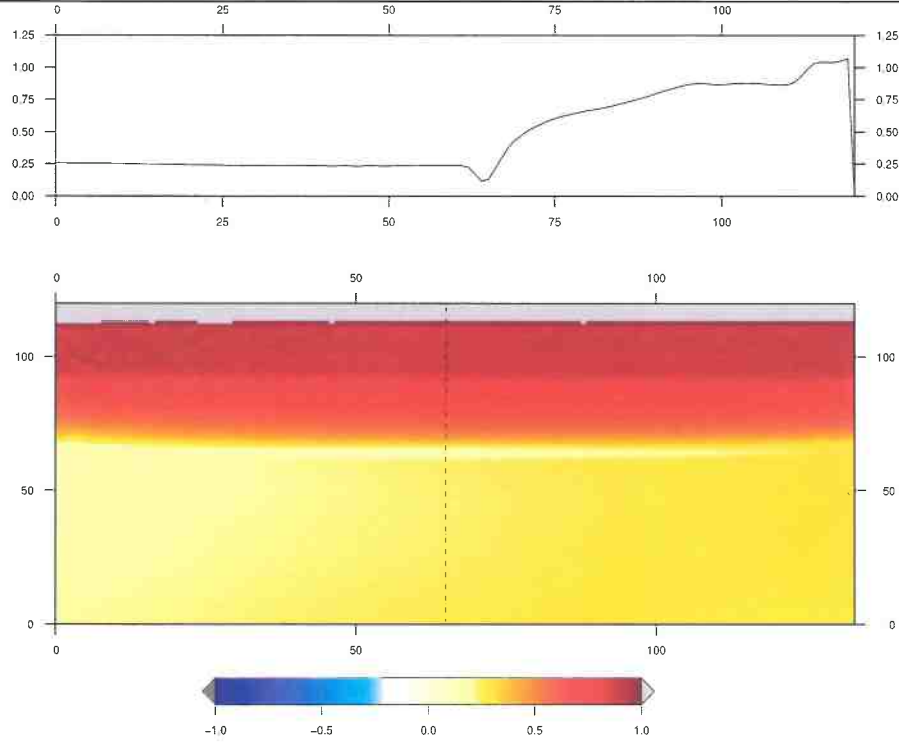


Figure 89: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

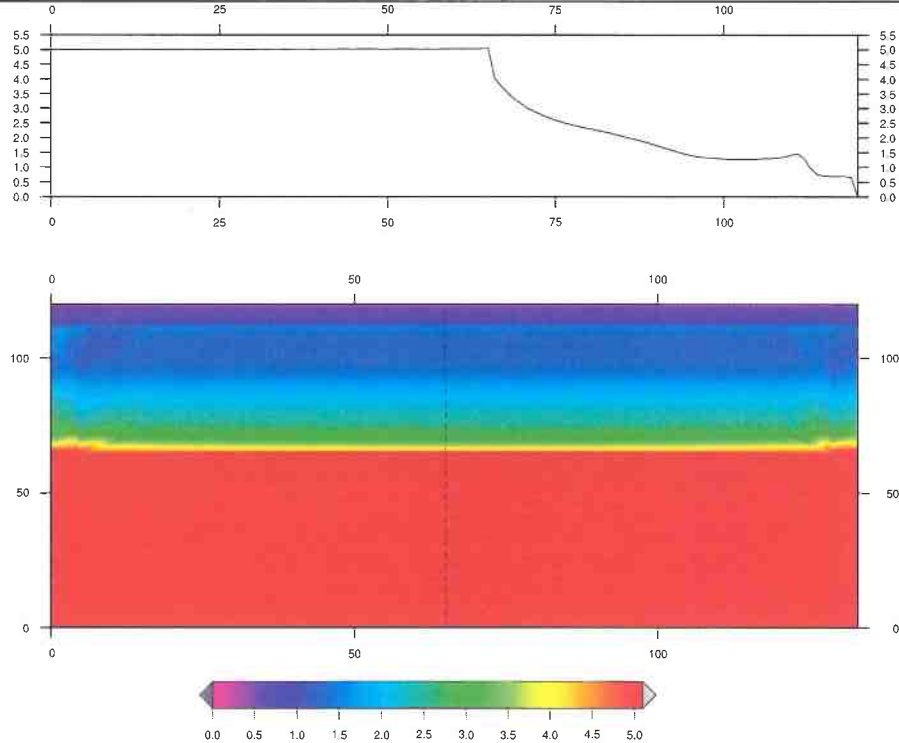


Figure 90: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

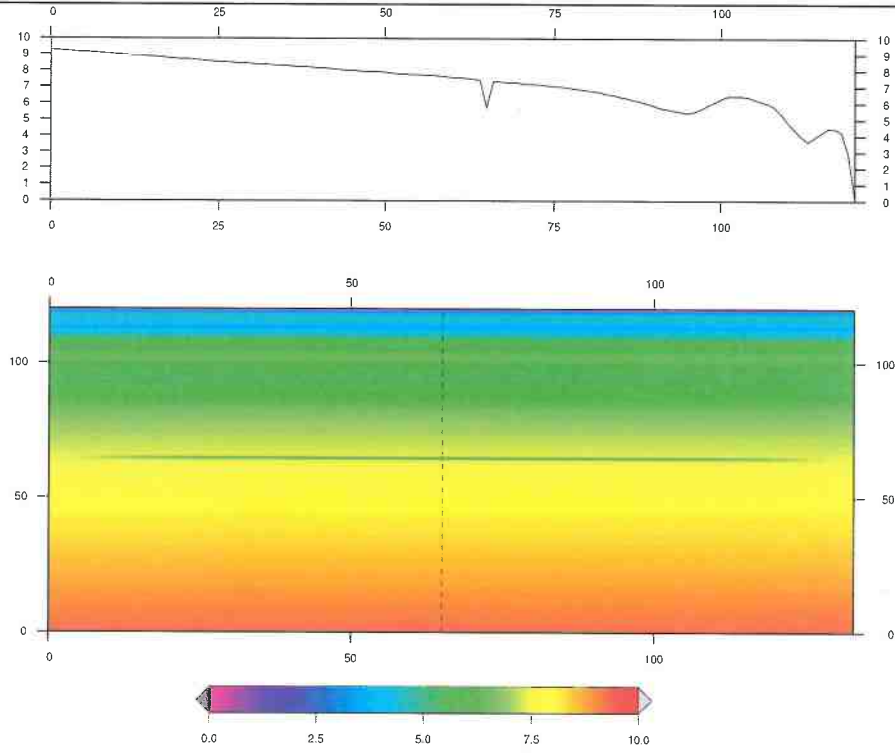


Figure 91: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

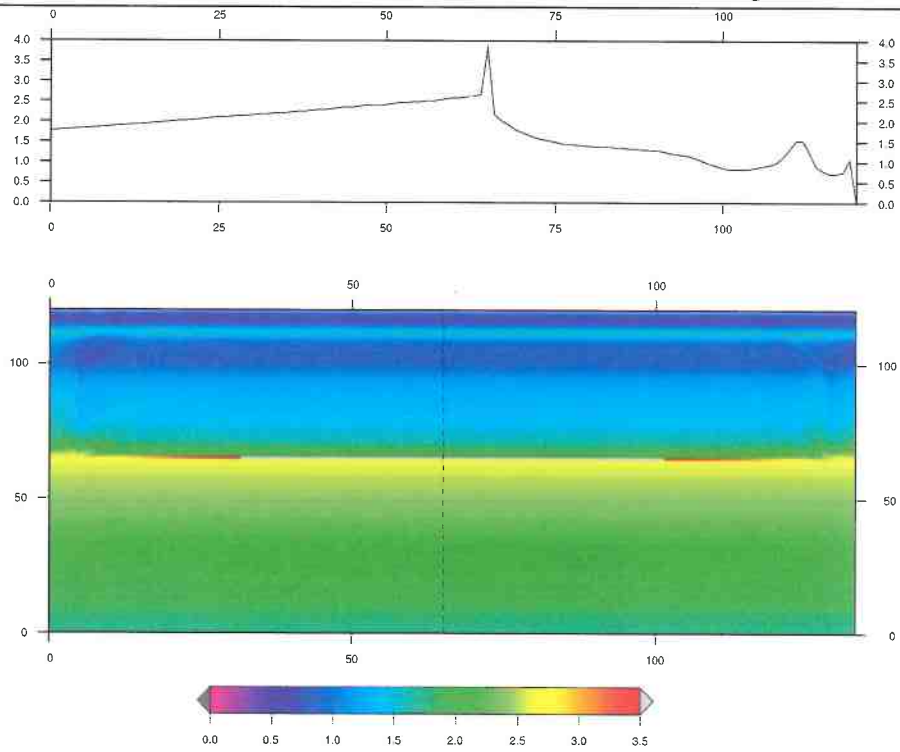


Figure 92: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

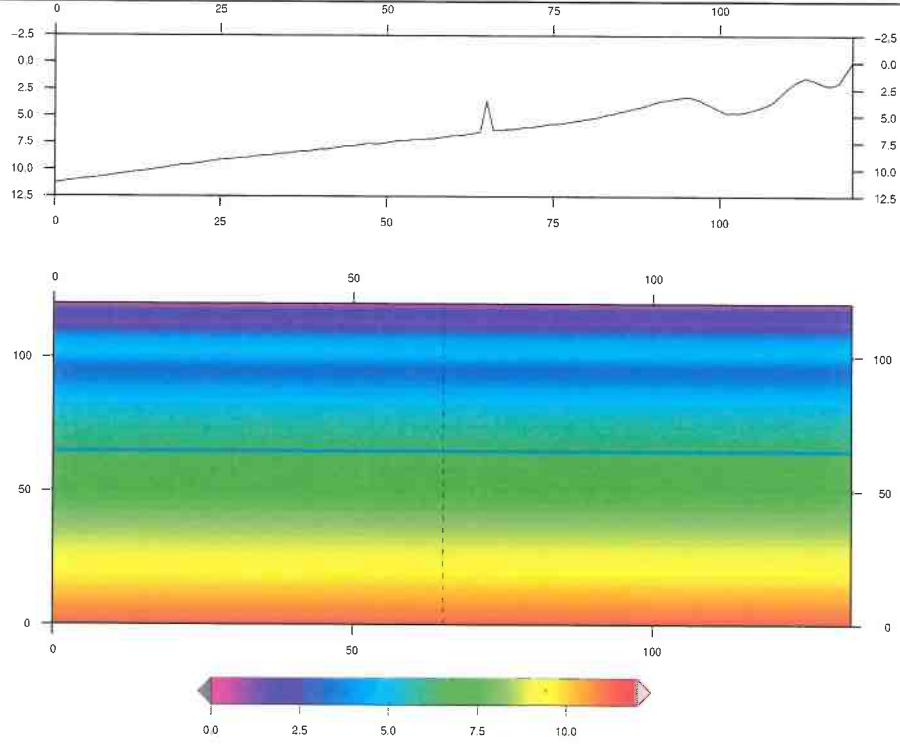


Figure 93: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

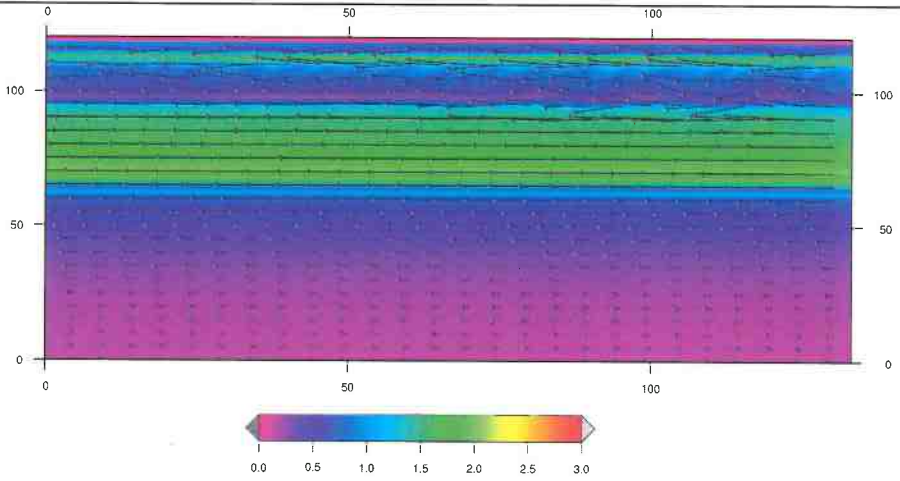


Figure 94: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

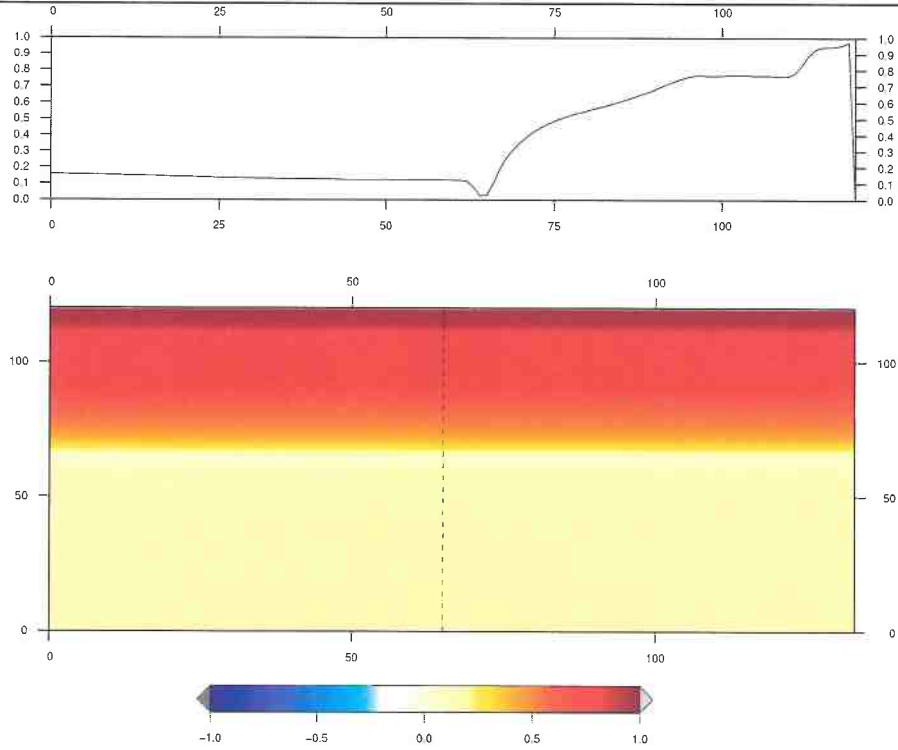


Figure 95: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

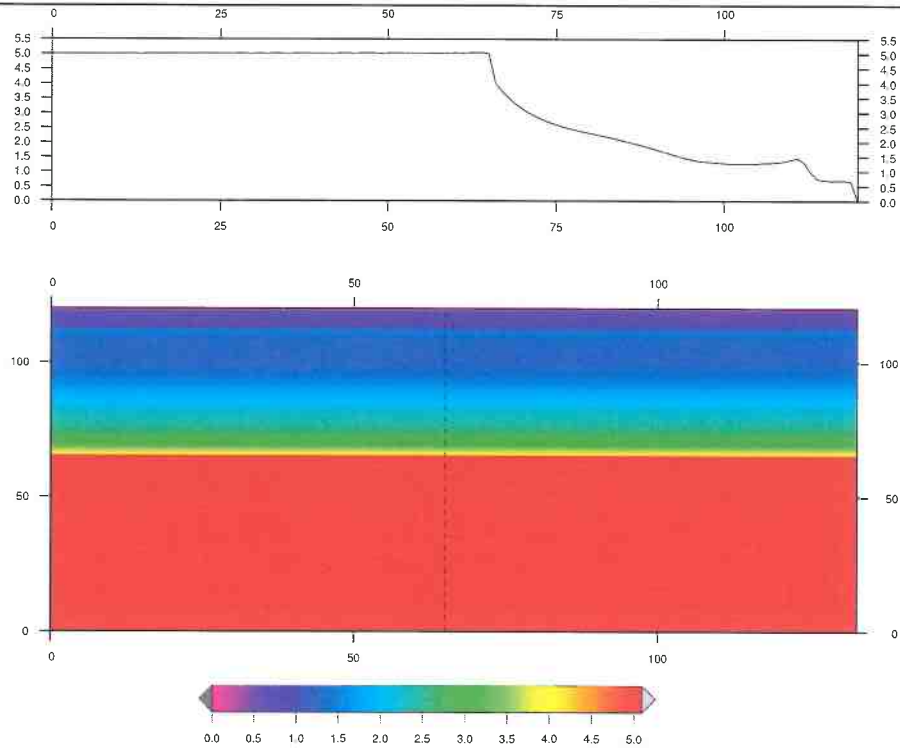


Figure 96: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

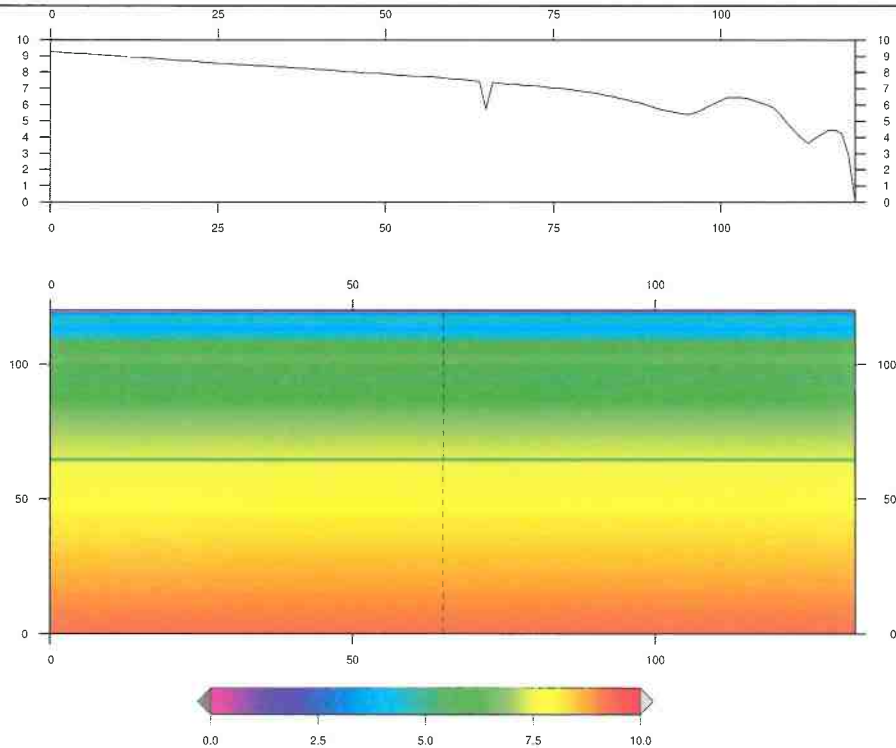


Figure 97: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

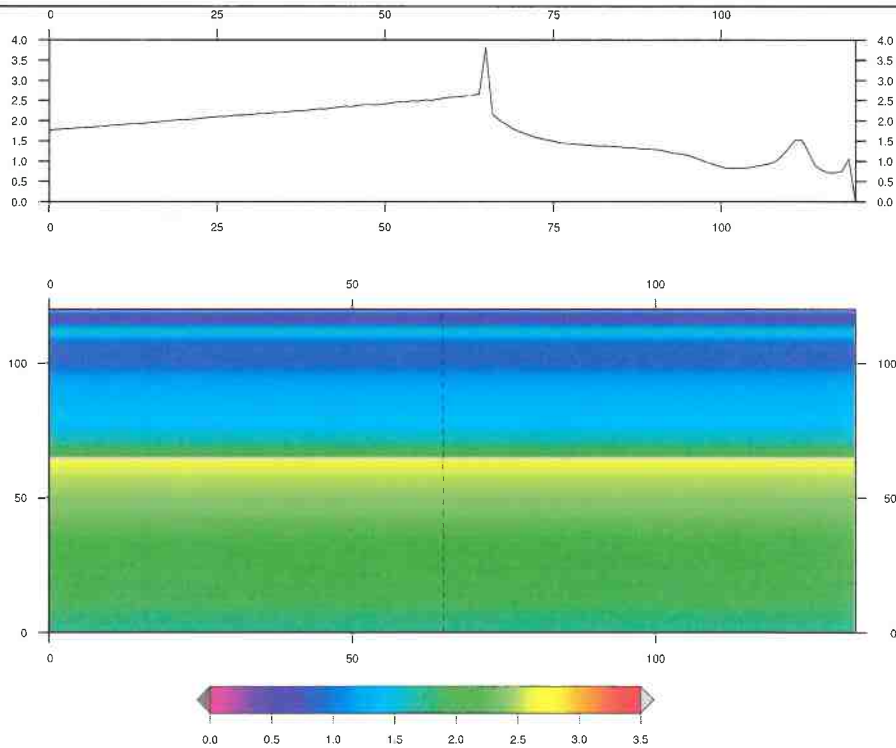


Figure 98: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

4.4.3 Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with 15° wave incident angle

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

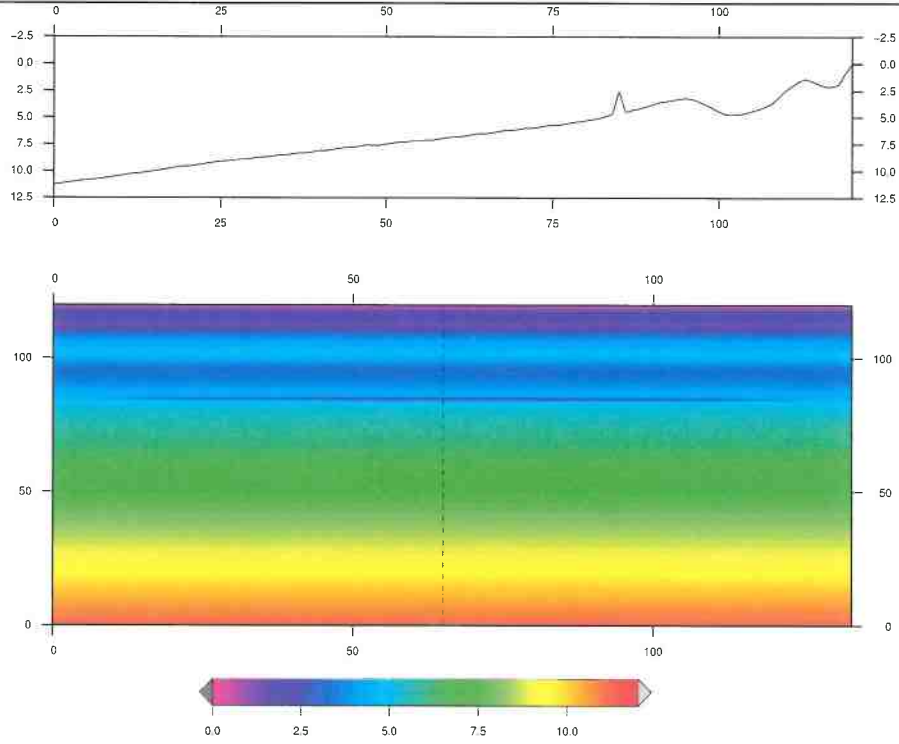


Figure 99: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

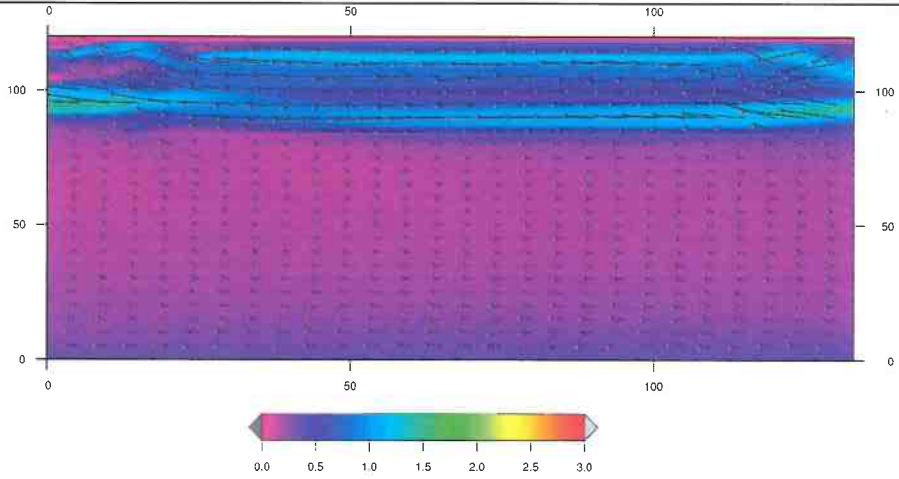


Figure 100: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

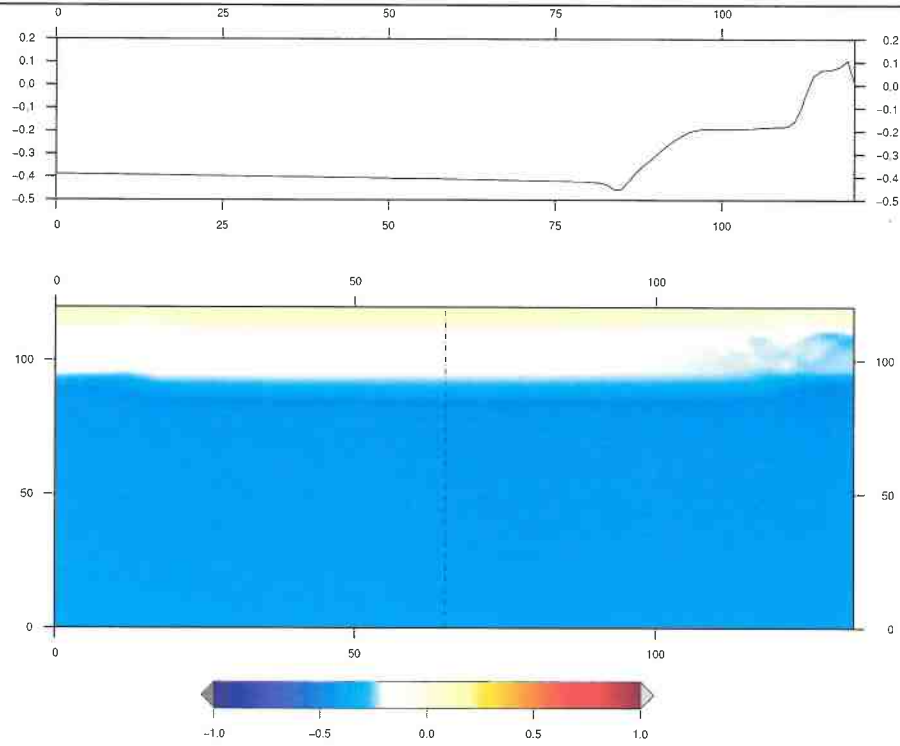


Figure 101: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

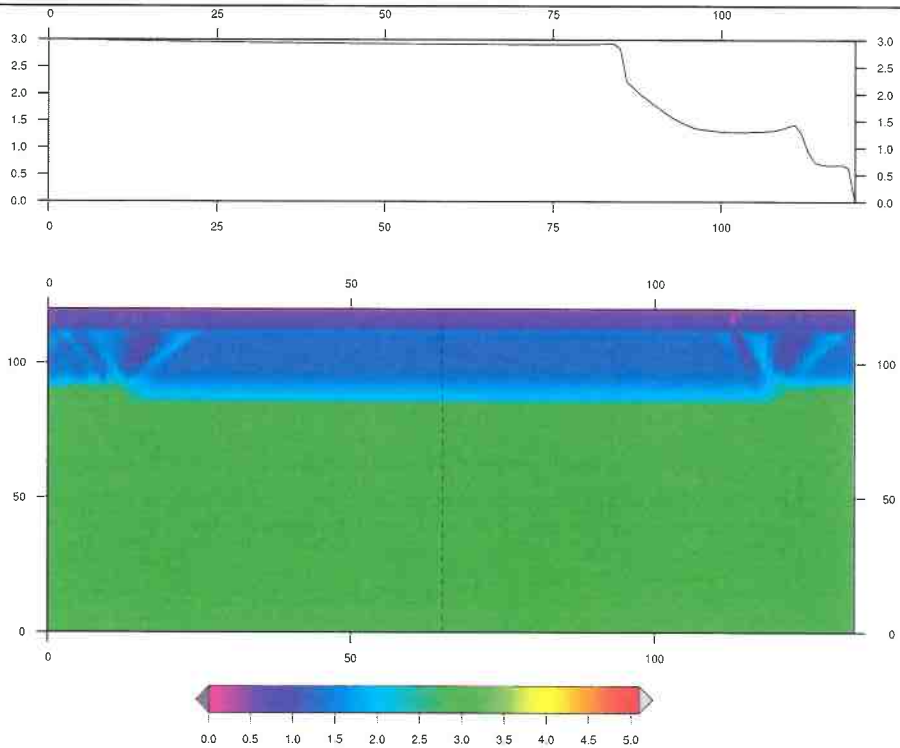


Figure 102: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

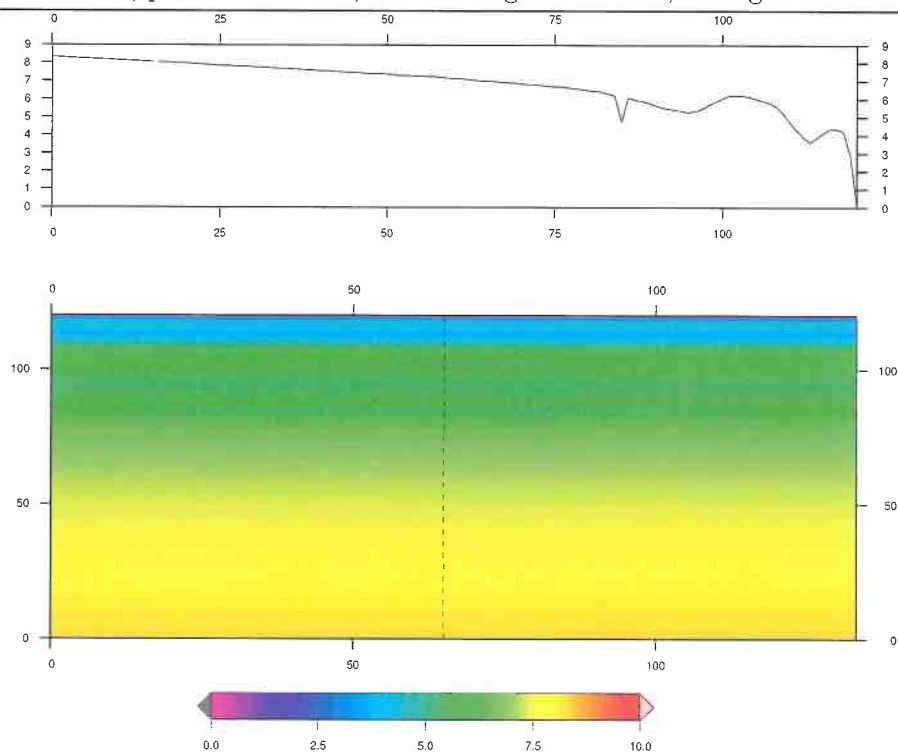


Figure 103: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

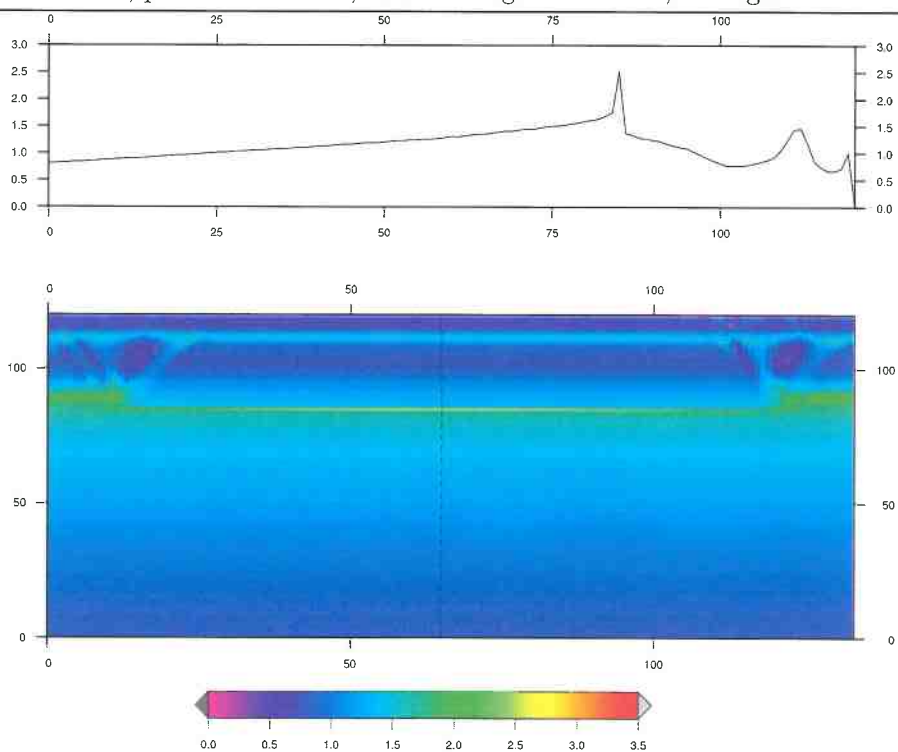


Figure 104: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

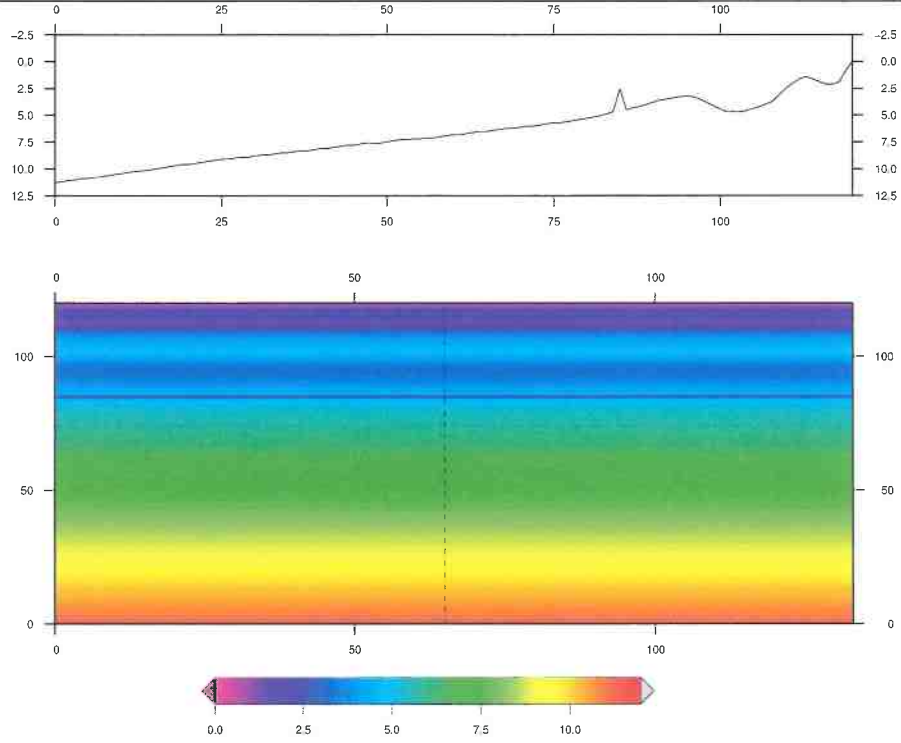


Figure 105: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

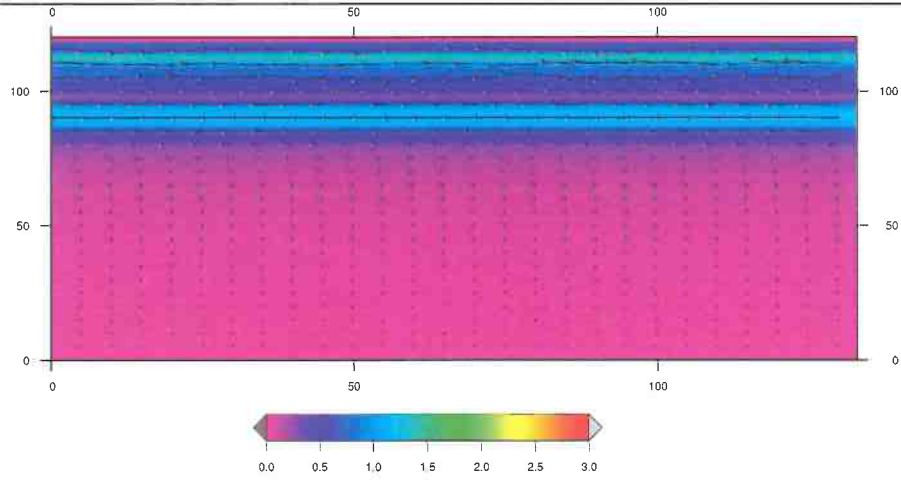


Figure 106: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

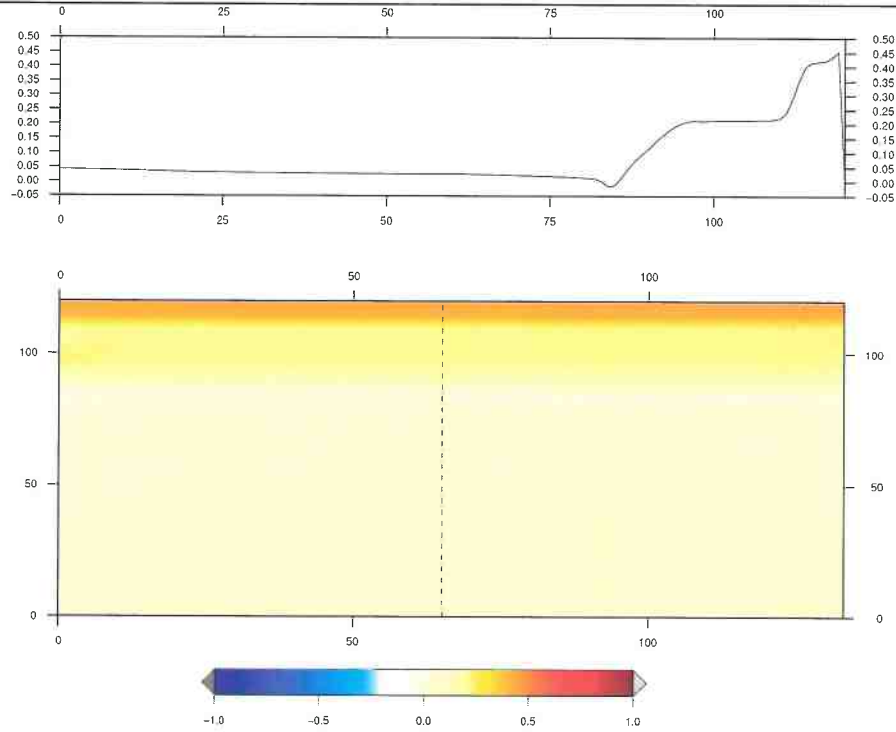


Figure 107: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

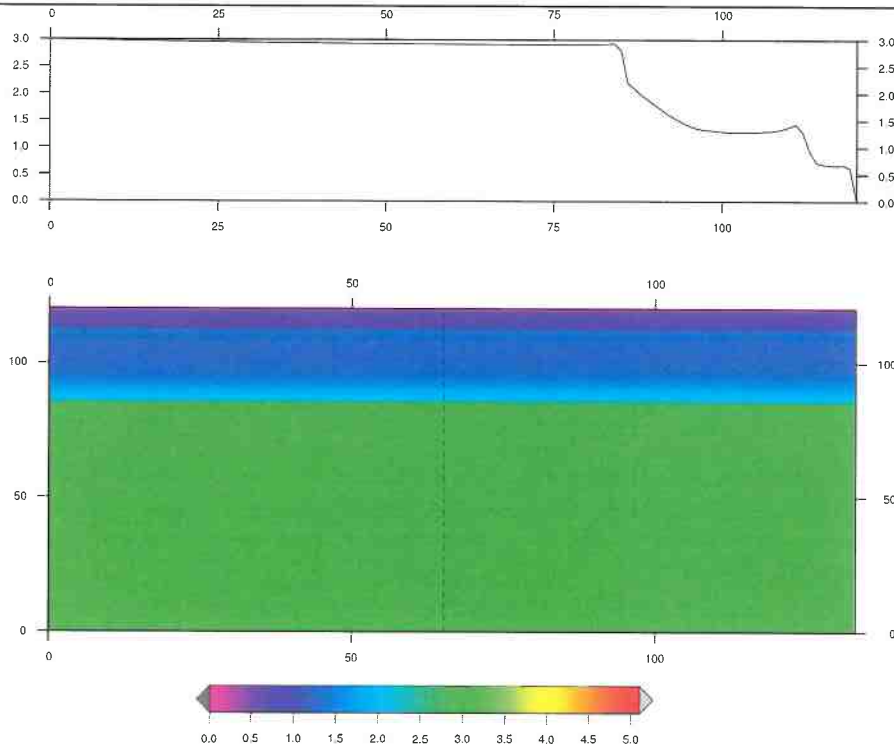


Figure 108: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

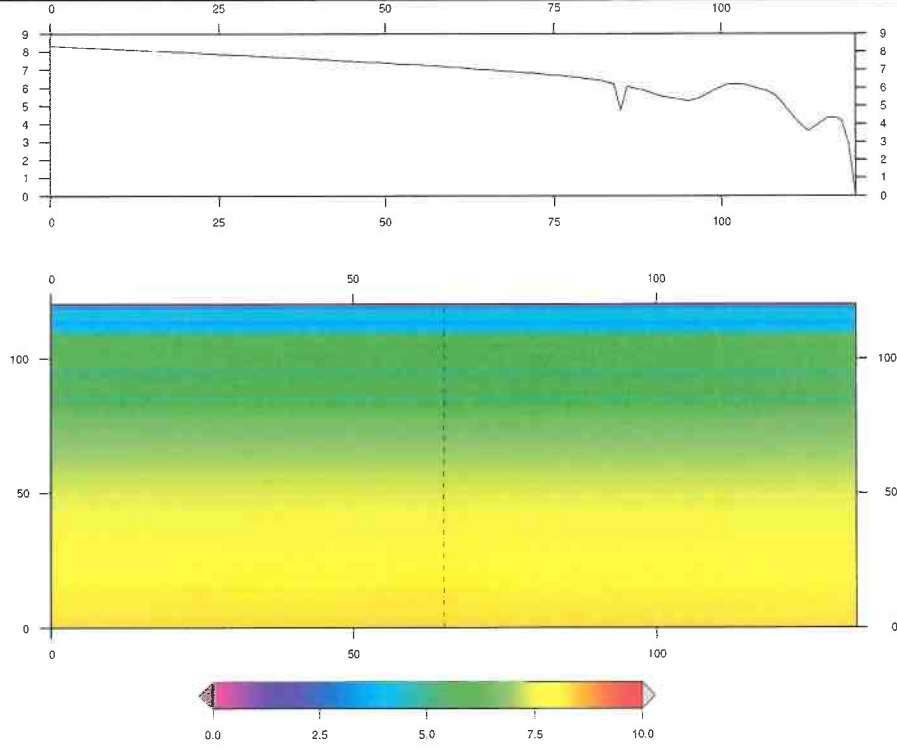


Figure 109: Short wave celerity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

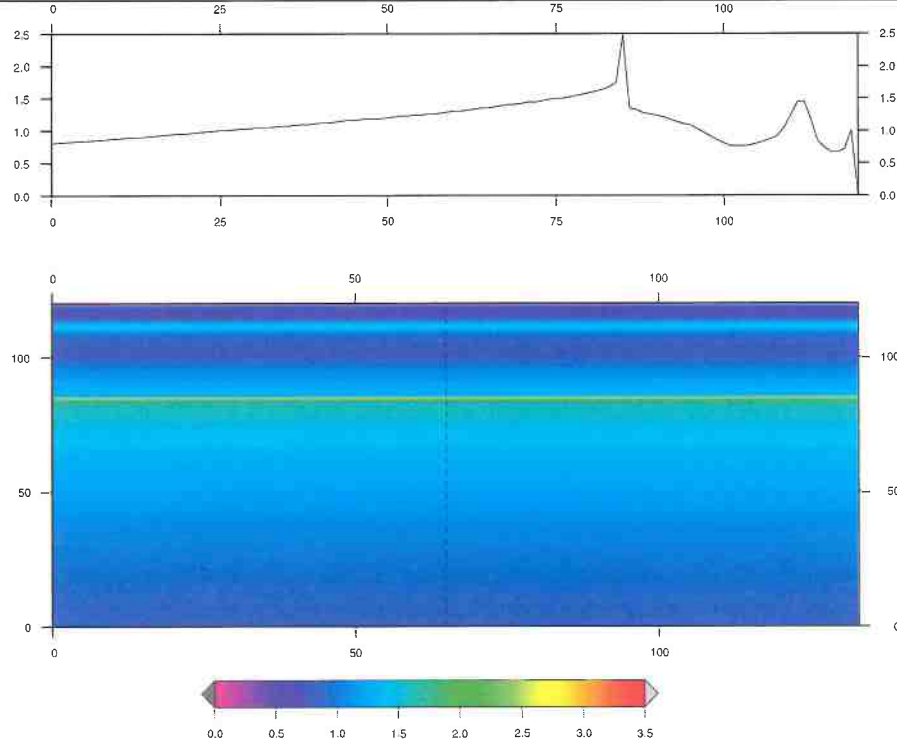


Figure 110: Amplitude of the bottom orbital velocity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

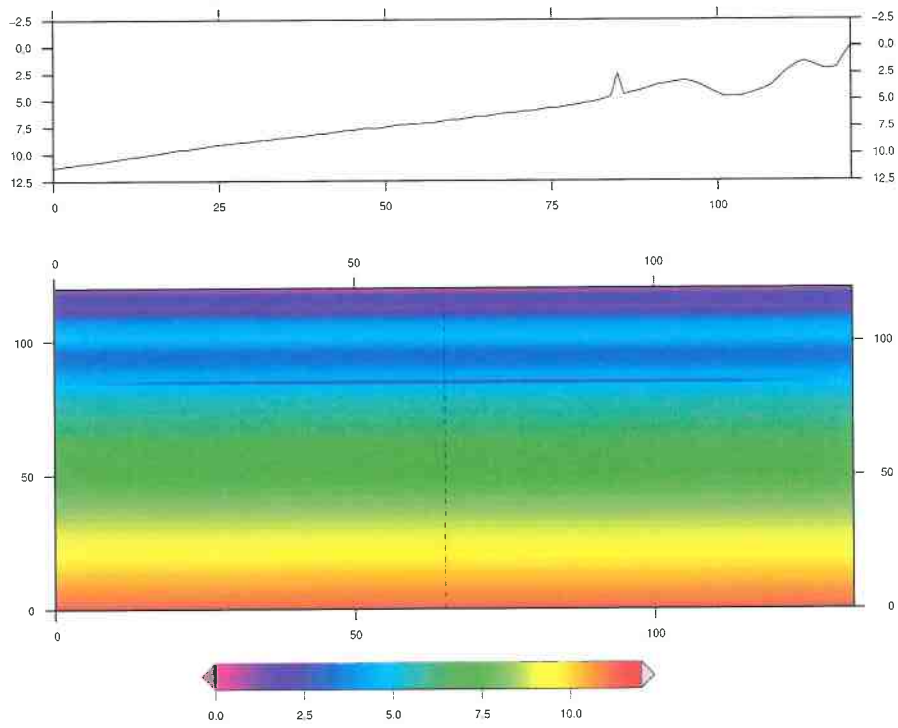


Figure 111: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

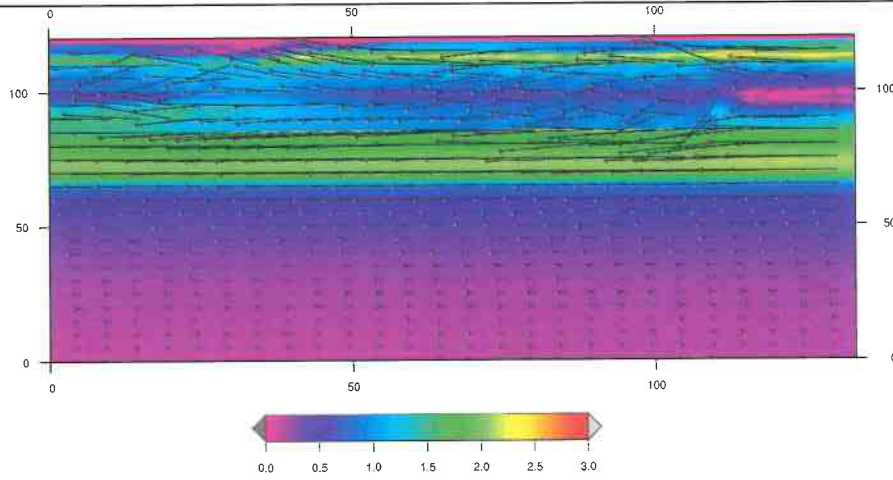


Figure 112: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

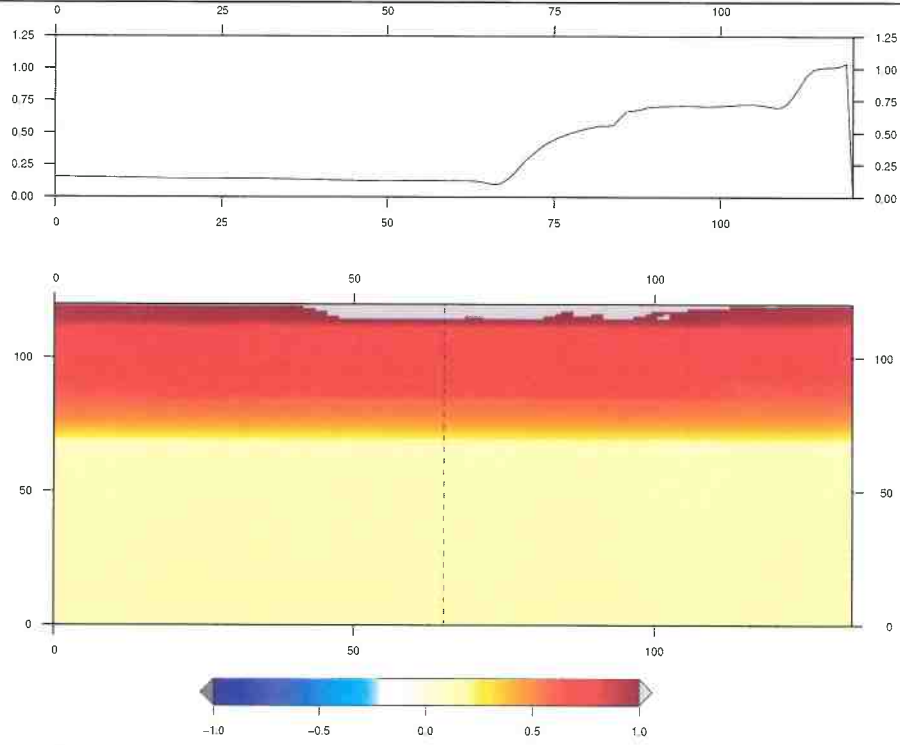


Figure 113: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

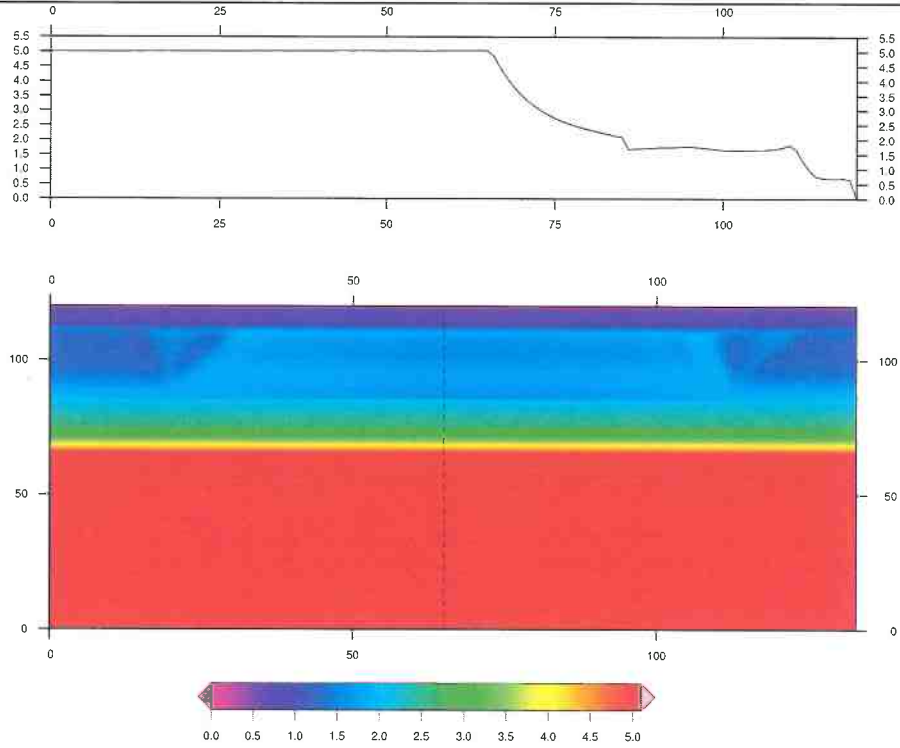


Figure 114: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

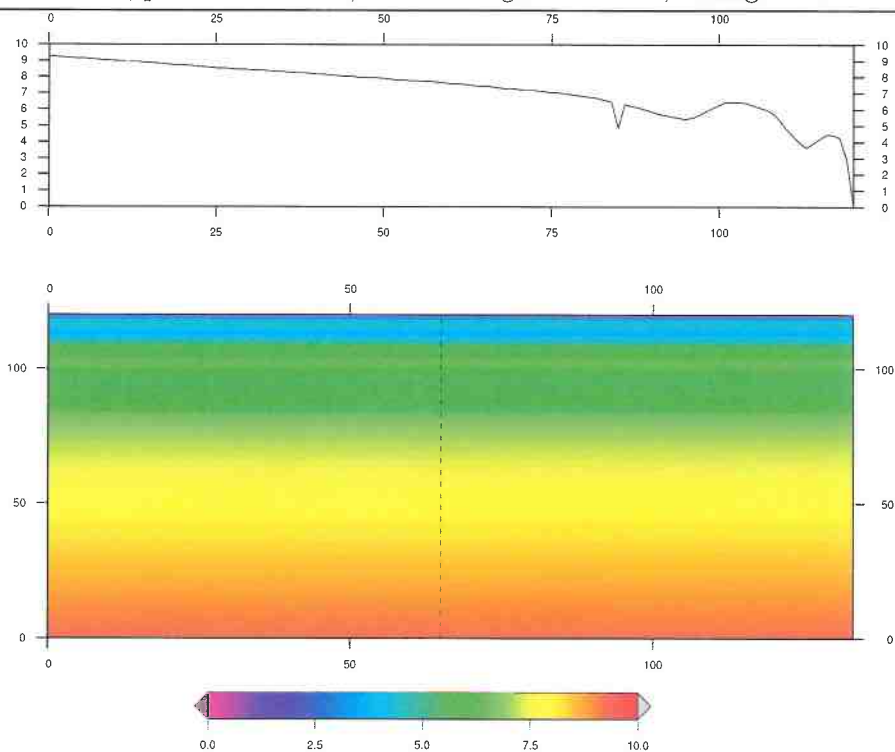


Figure 115: Short wave celerity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

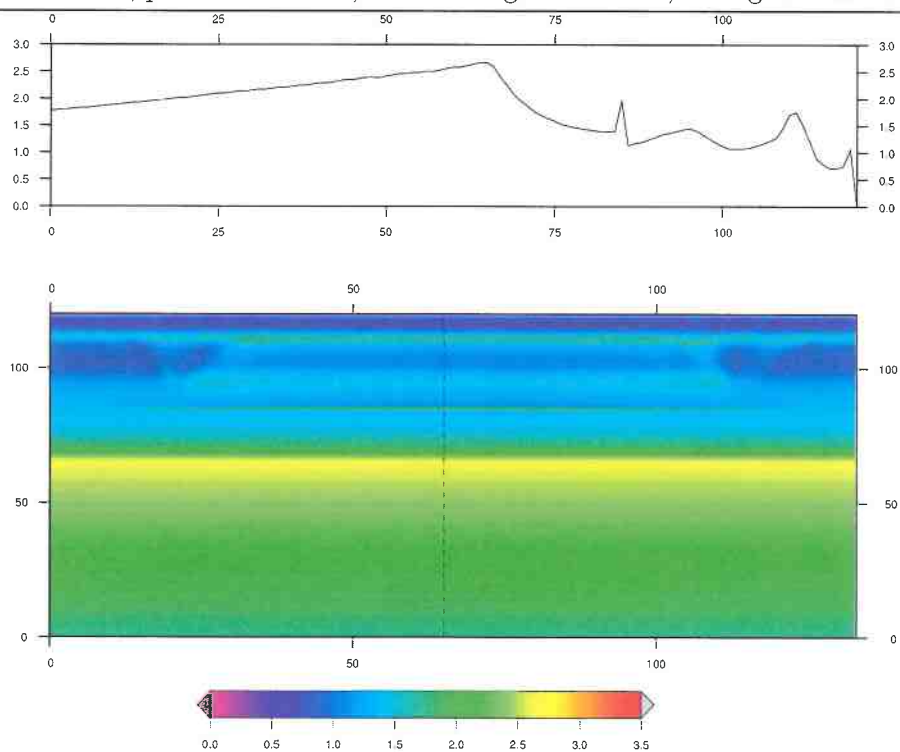


Figure 116: Amplitude of the bottom orbital velocity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

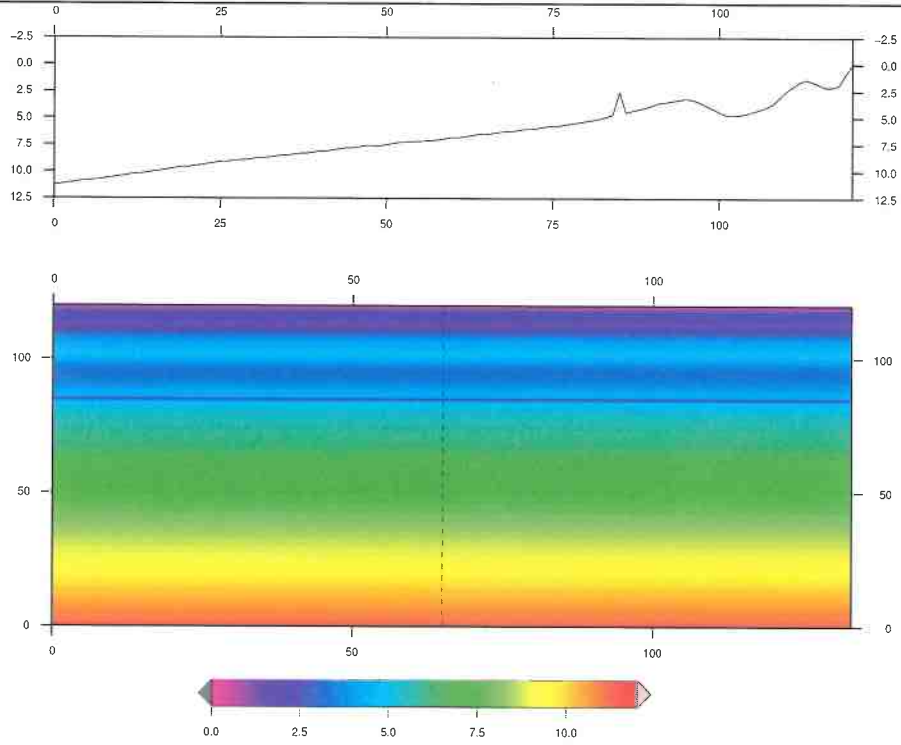


Figure 117: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

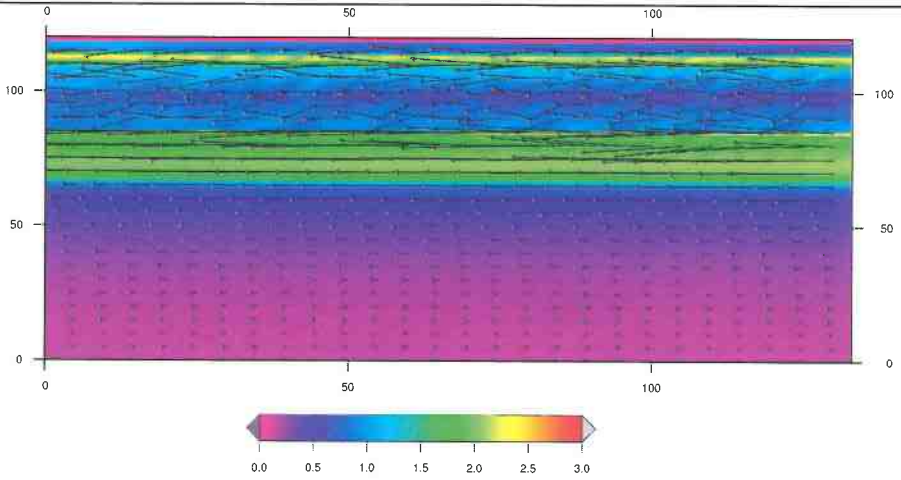


Figure 118: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

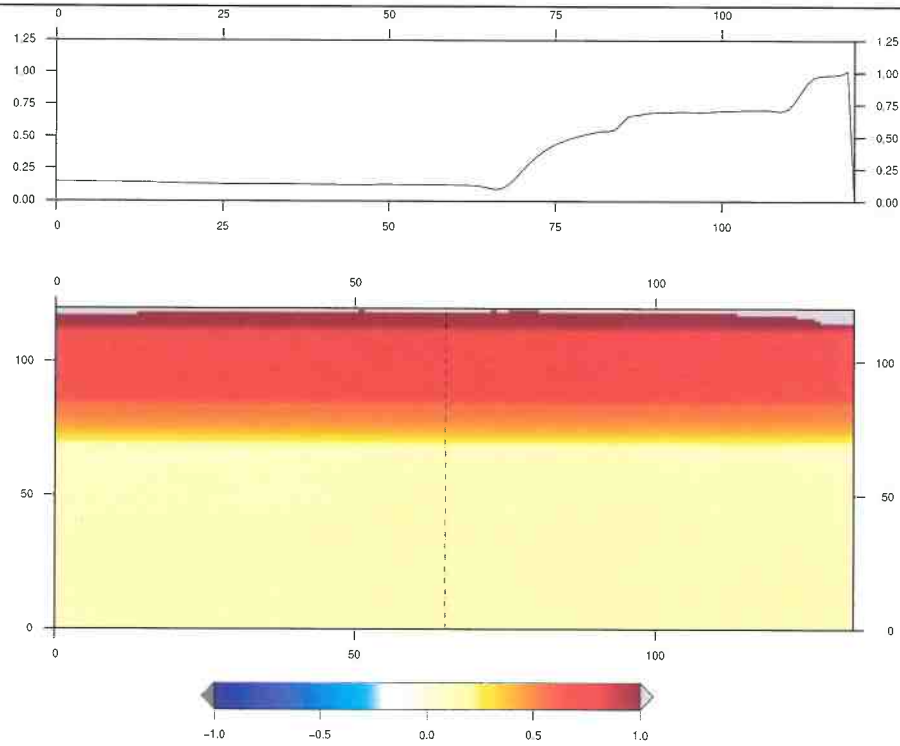


Figure 119: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

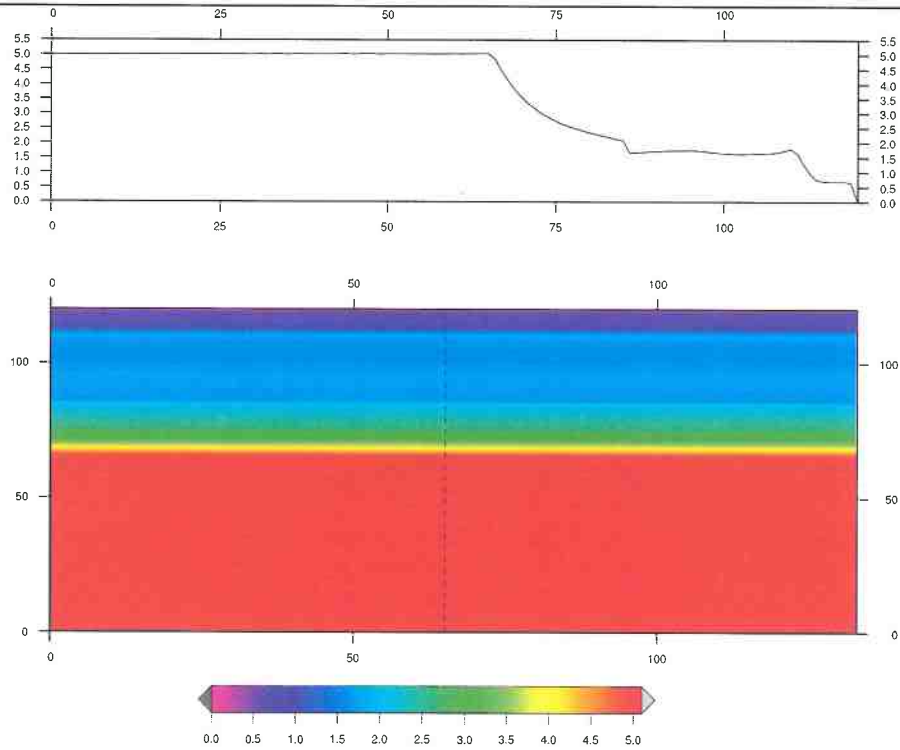


Figure 120: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

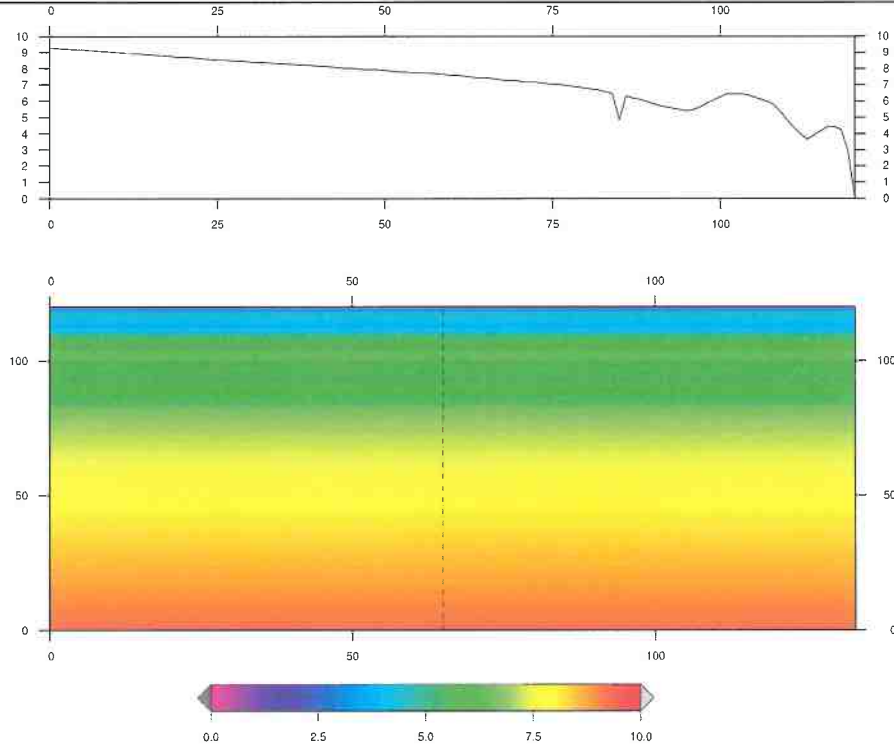


Figure 121: Short wave celerity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 15^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

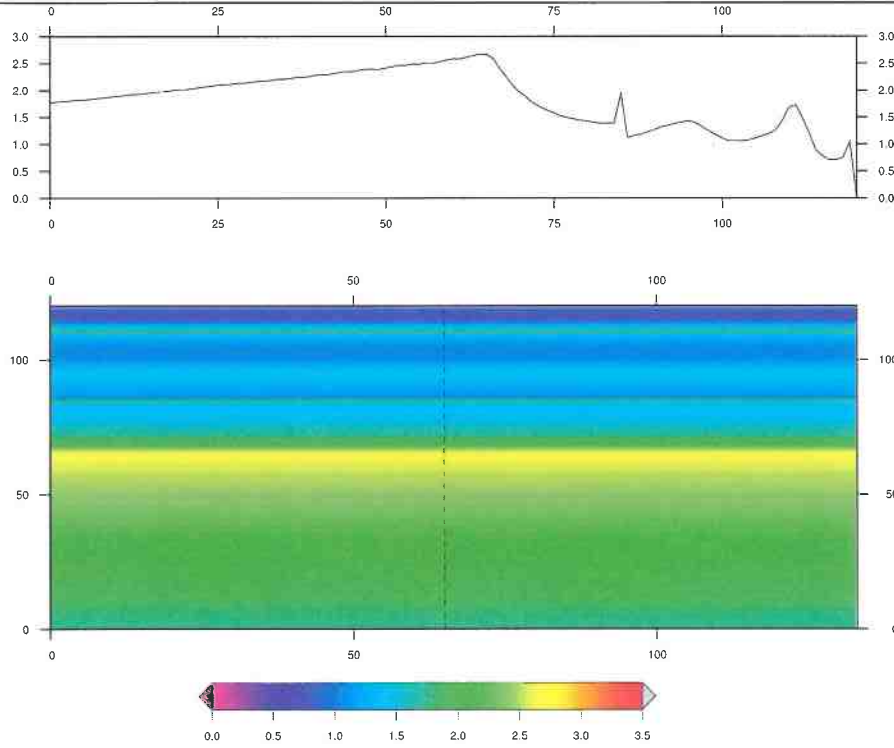


Figure 122: Amplitude of the bottom orbital velocity [m.s^{-1}]

4.5 Waves with strong relative incident angle

All the results obtained for a 15° wave incident angle are confirmed for a 30° wave incident angle. One will notice that the alongshore velocities usually increase, while the setup to the shoreline is globally lower than in the previous case. This is obviously due to the transfer of some quantity of cross-shore radiation stress (S_{xx}) to the alongshore radiation stress component (S_{yy}). The occurrence of defense structures does not change significantly the diagnostic pronounced for a 15° wave incident angle.

4.5.1 Simulations for the configuration ORIGIN with 30° wave incident angle

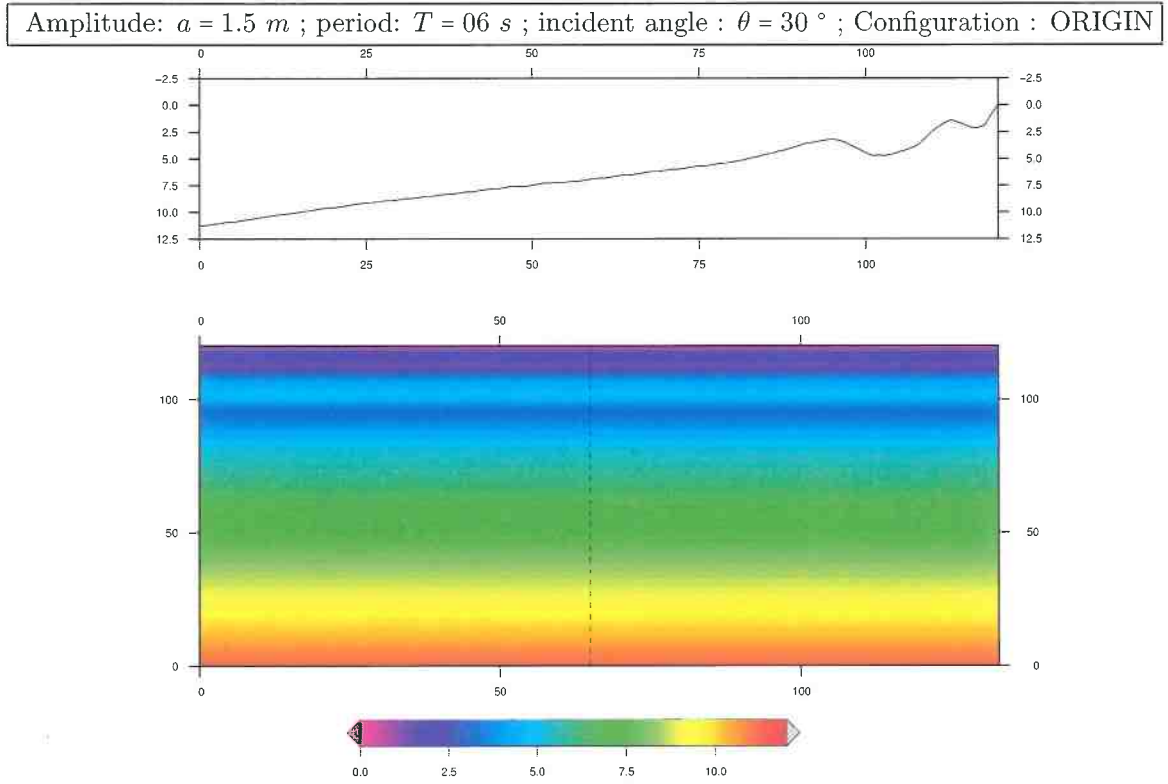


Figure 123: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

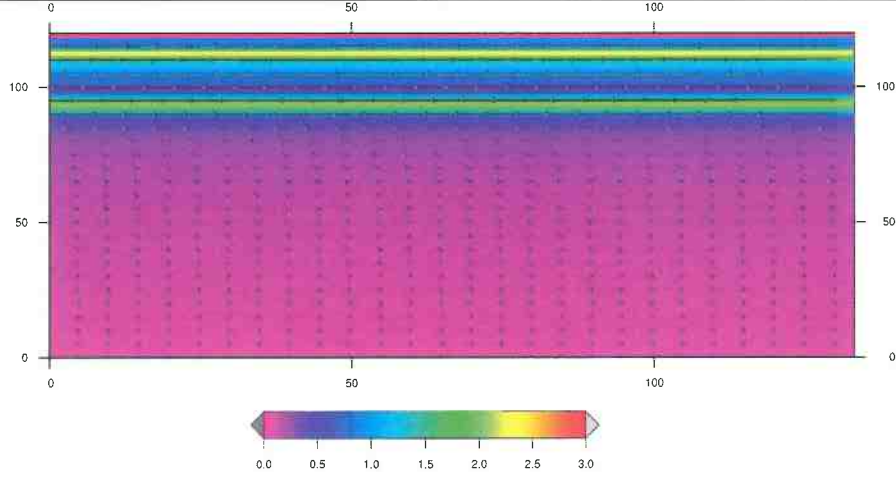


Figure 124: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

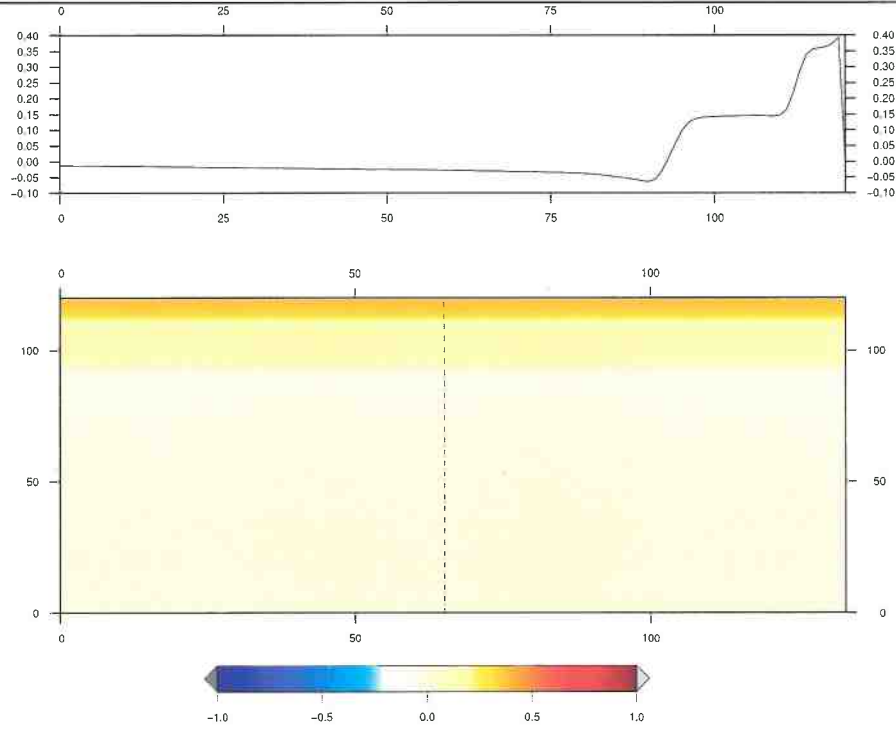


Figure 125: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

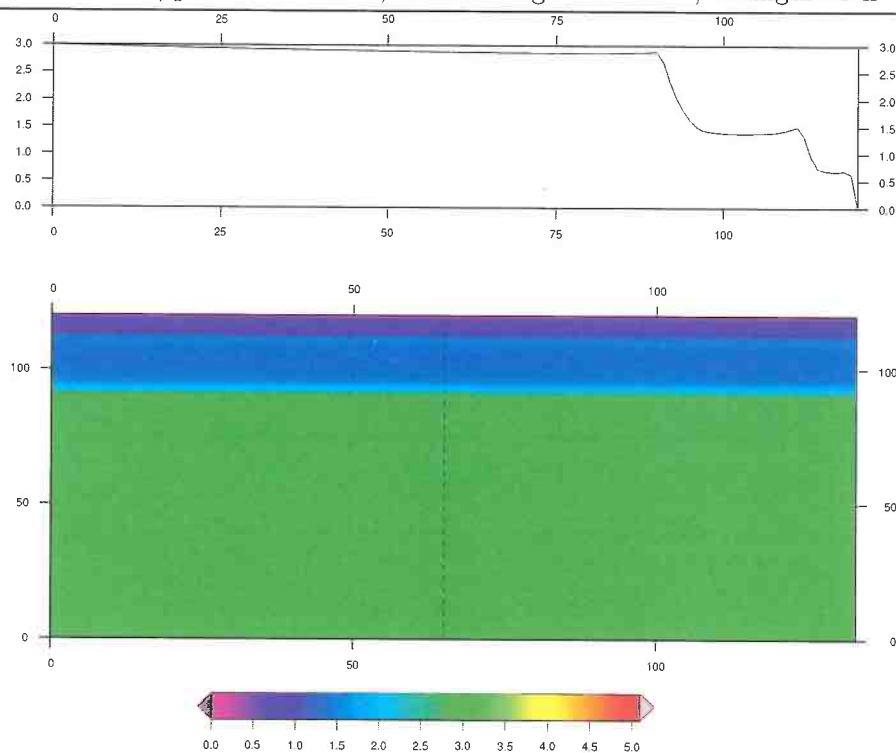


Figure 126: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

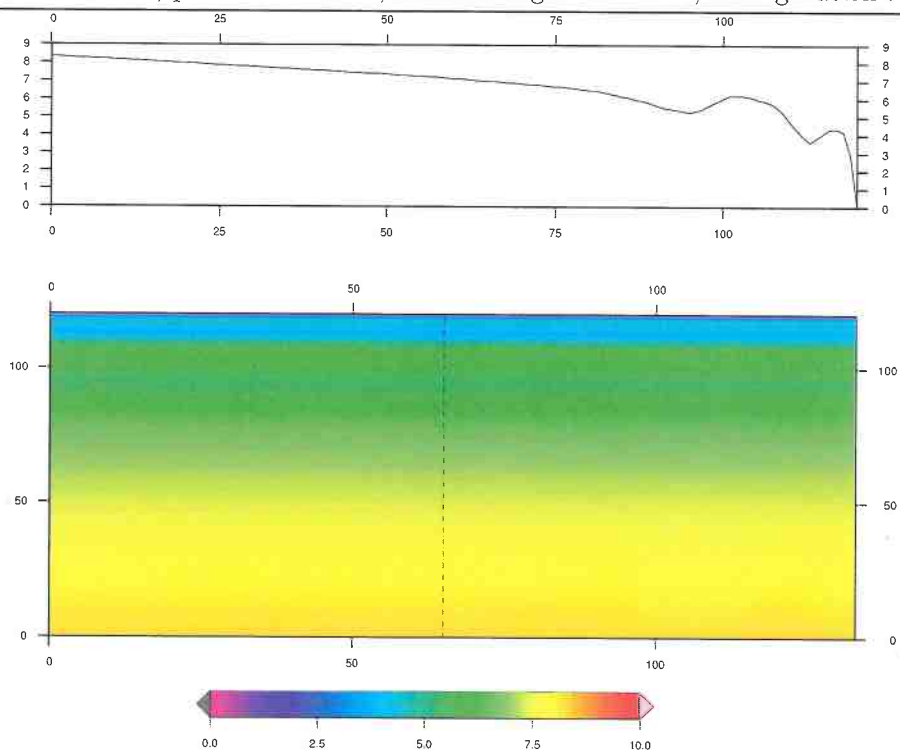


Figure 127: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

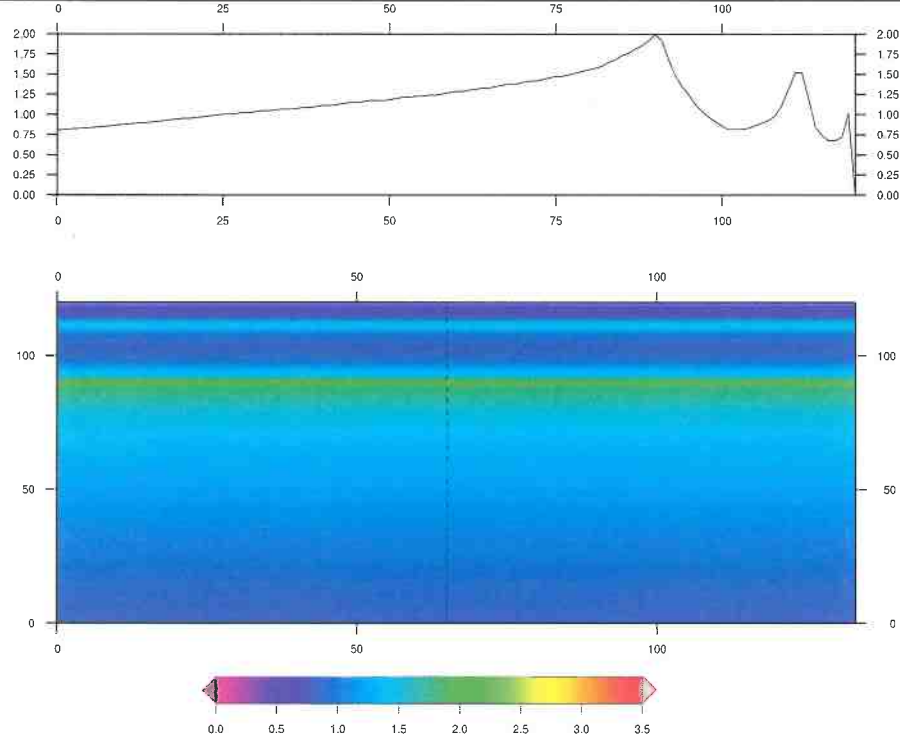


Figure 128: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

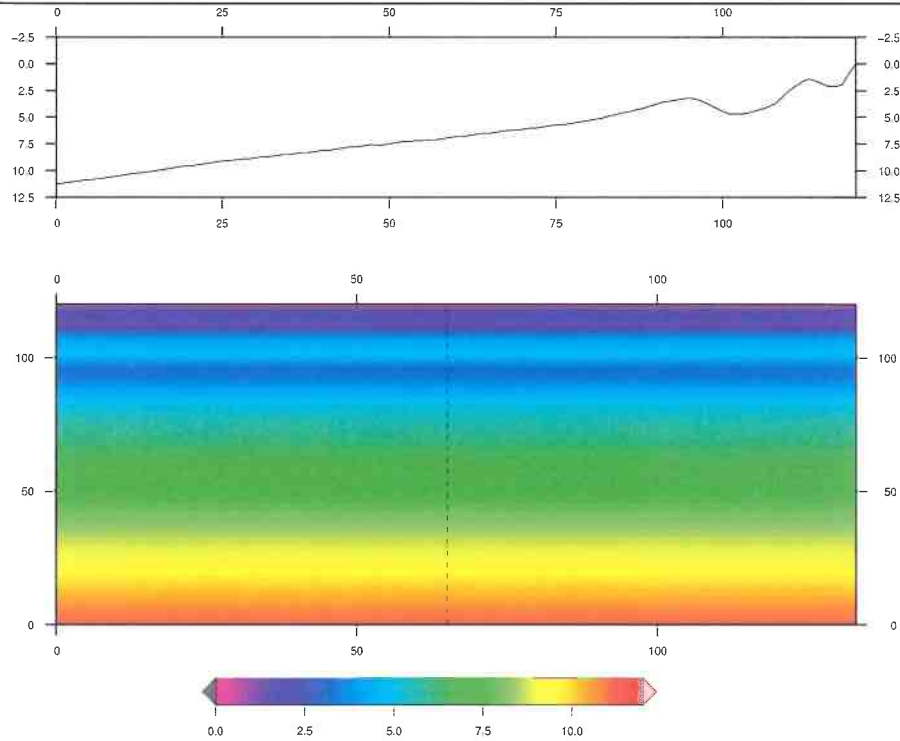
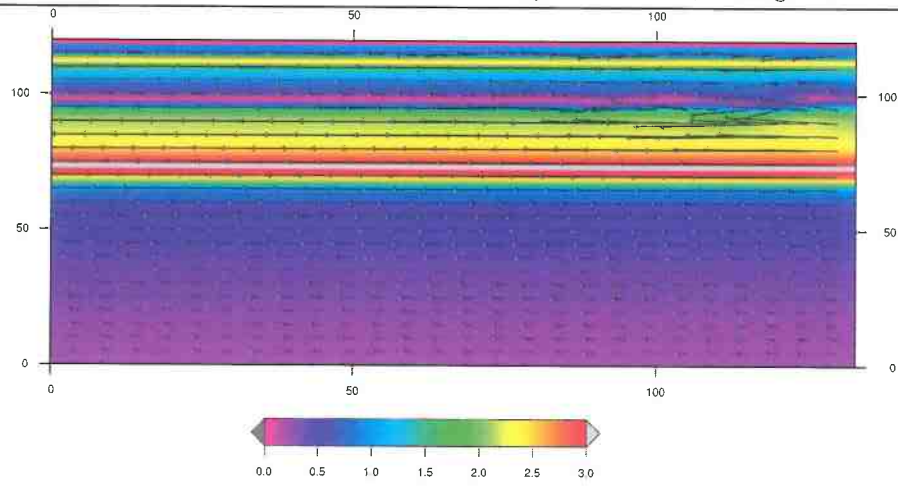
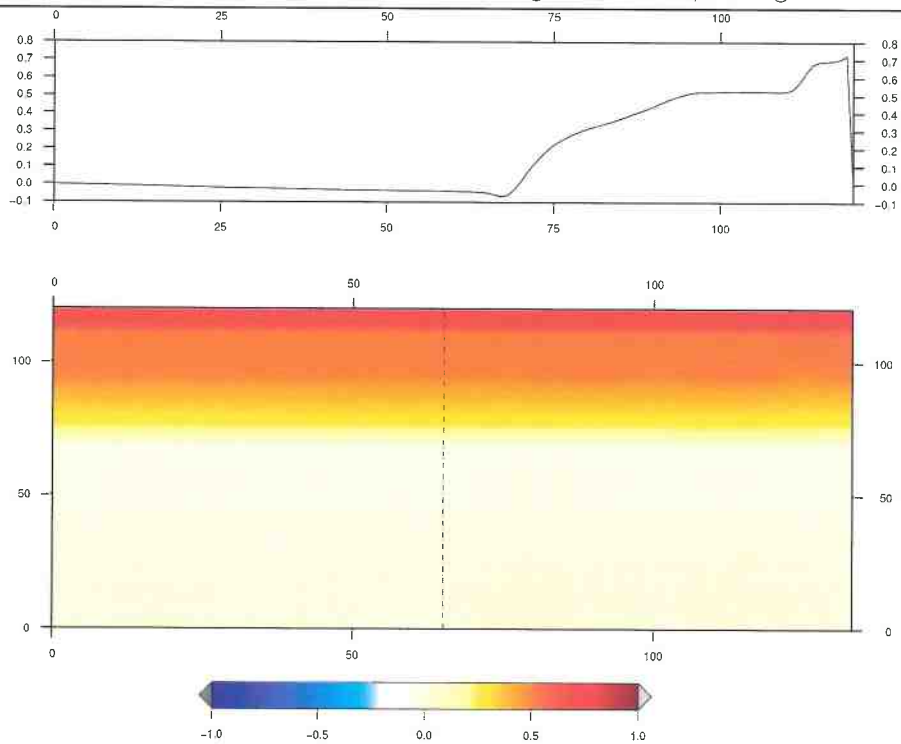


Figure 129: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN



Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN



Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

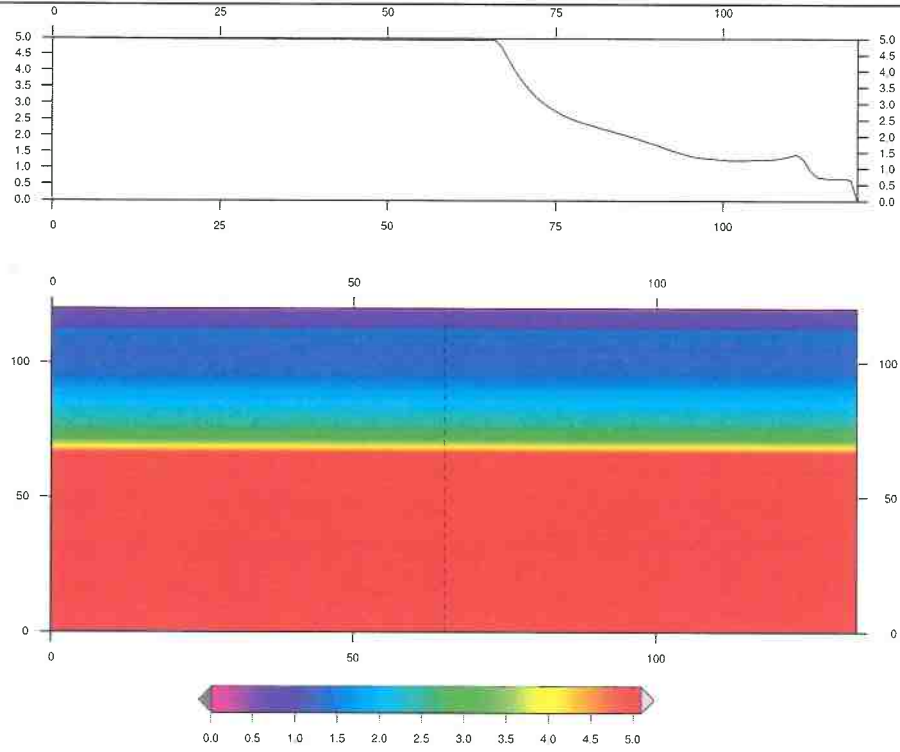


Figure 132: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

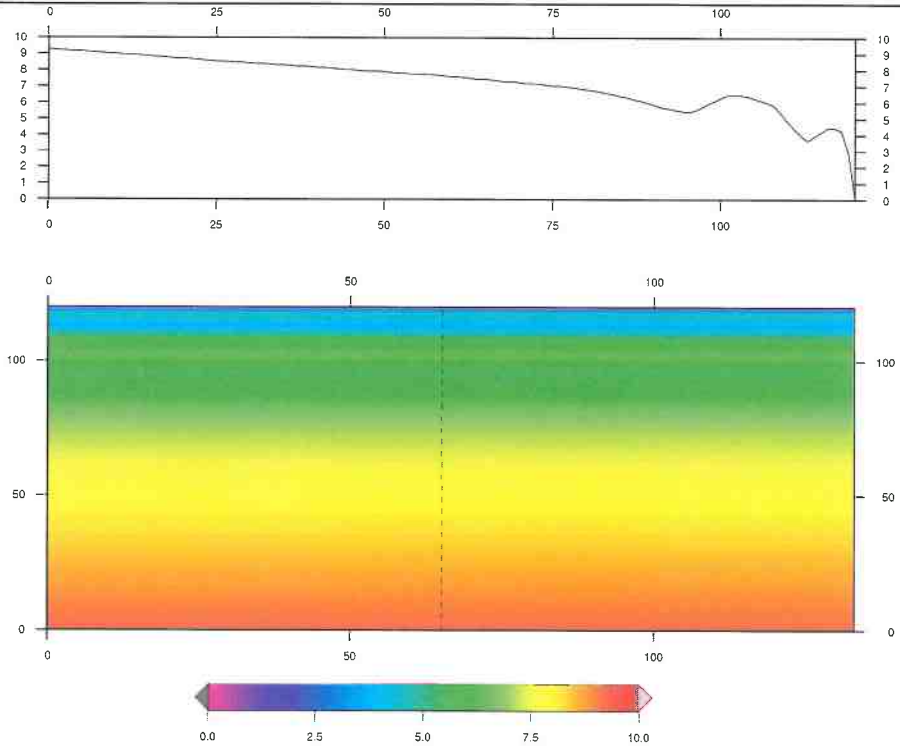


Figure 133: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : ORIGIN

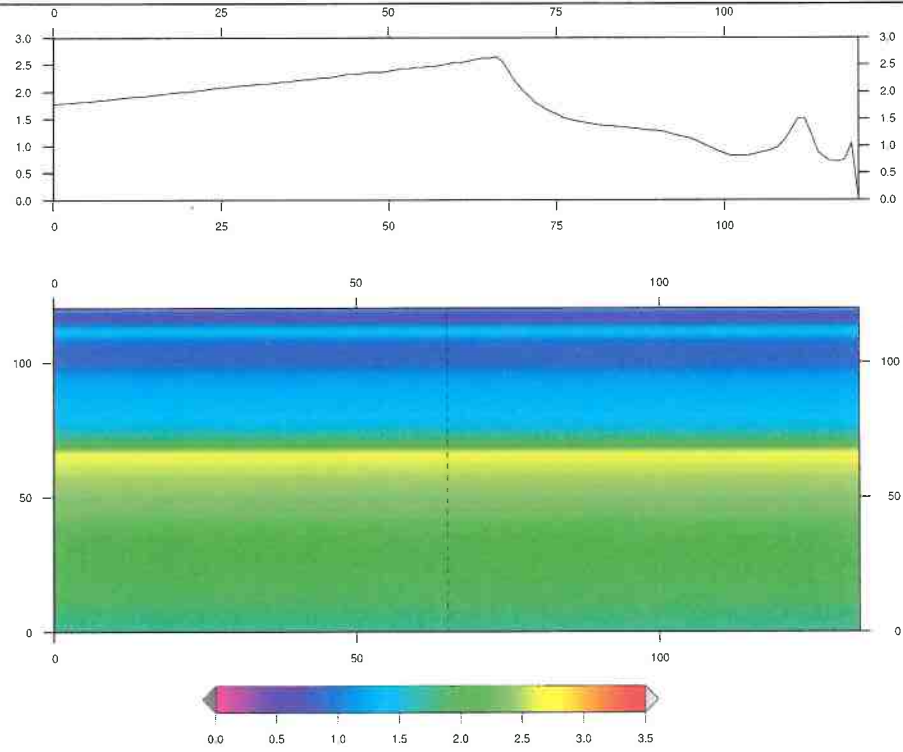
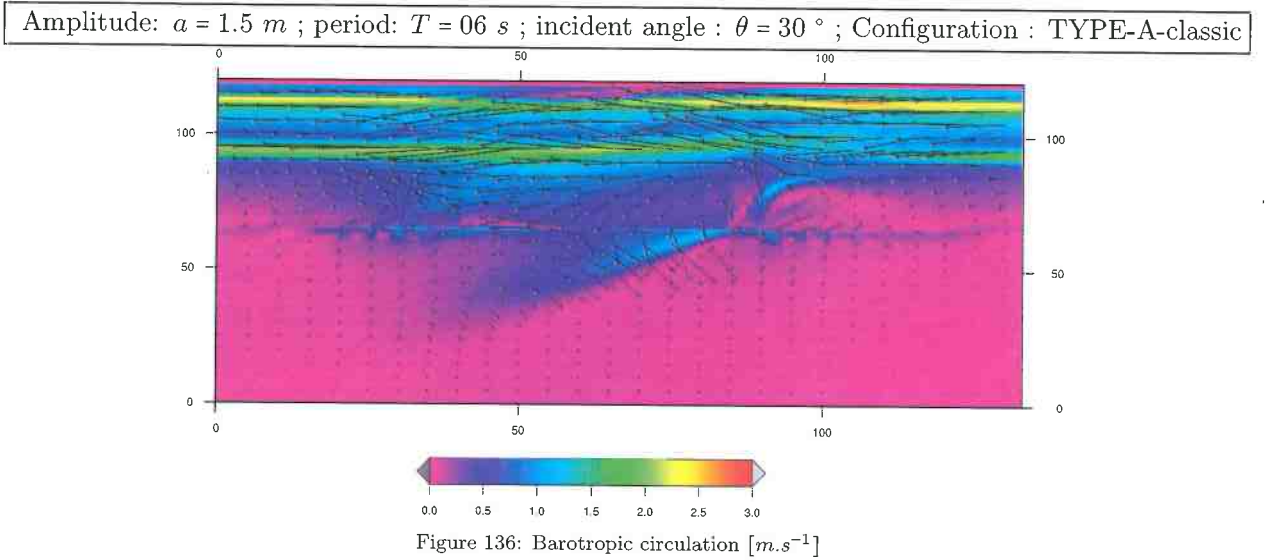
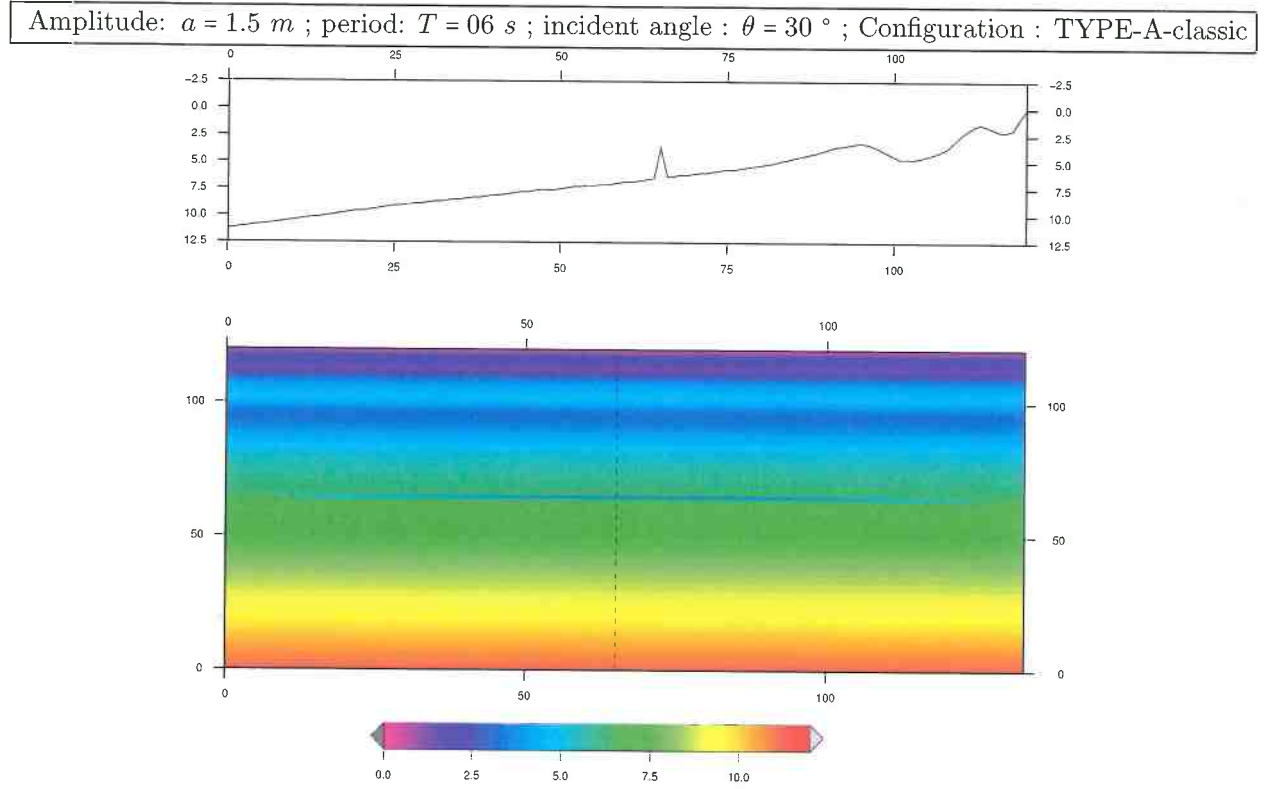


Figure 134: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

4.5.2 Simulations for the configuration TYPE-A (both classic and extruded) with 30° wave incident angle



Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

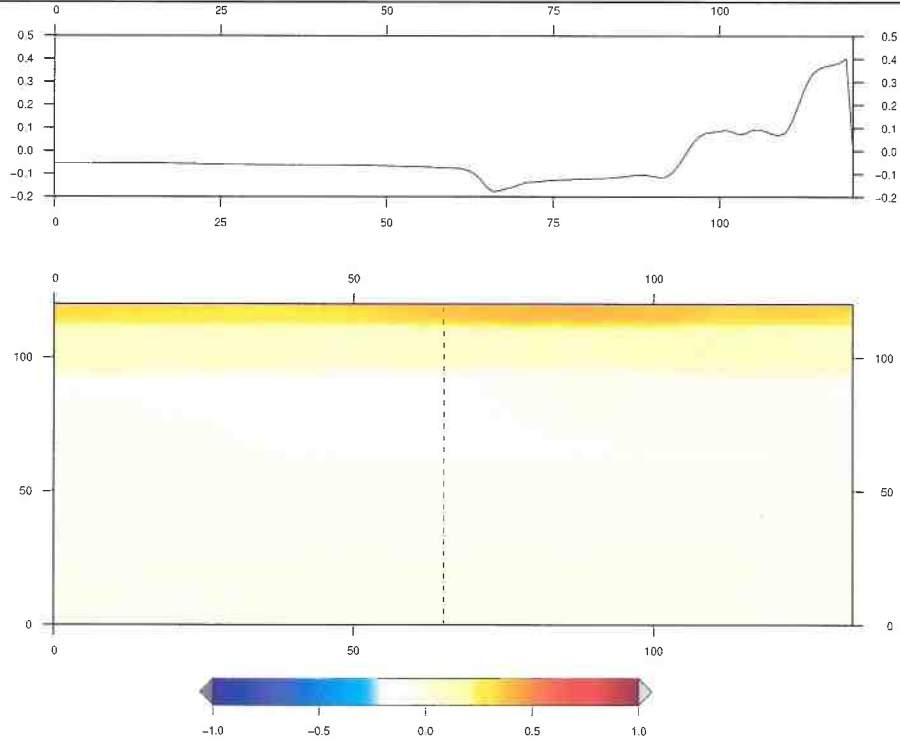


Figure 137: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

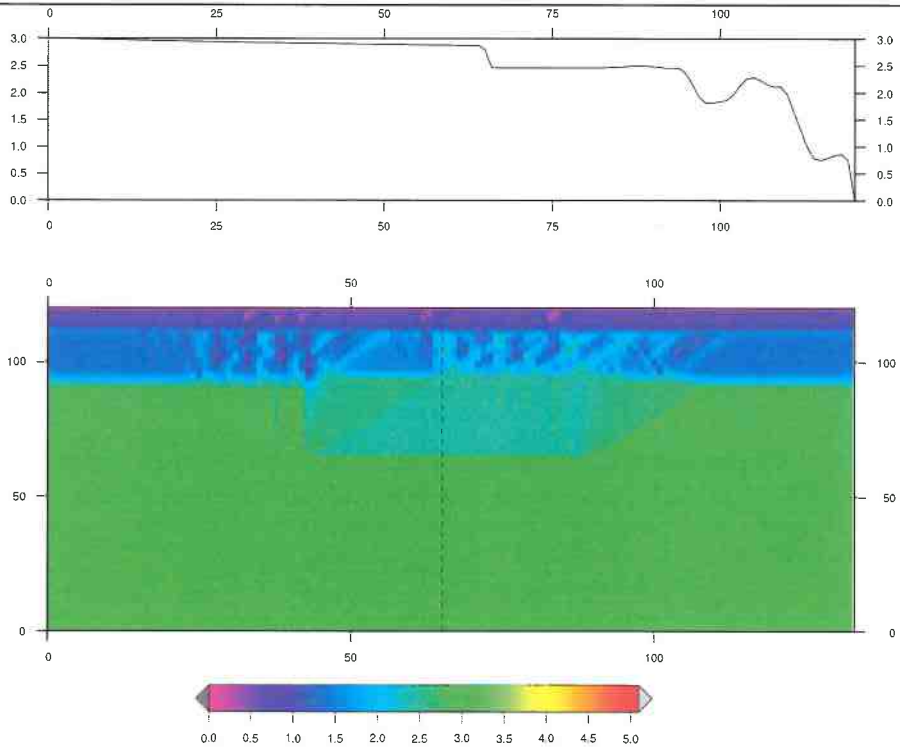


Figure 138: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

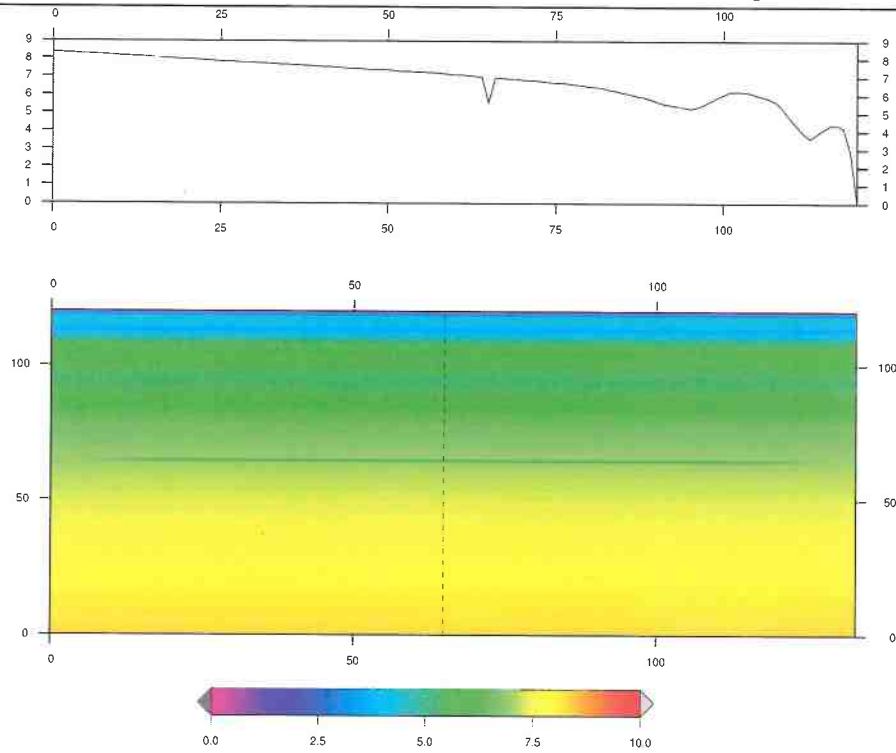


Figure 139: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-classic

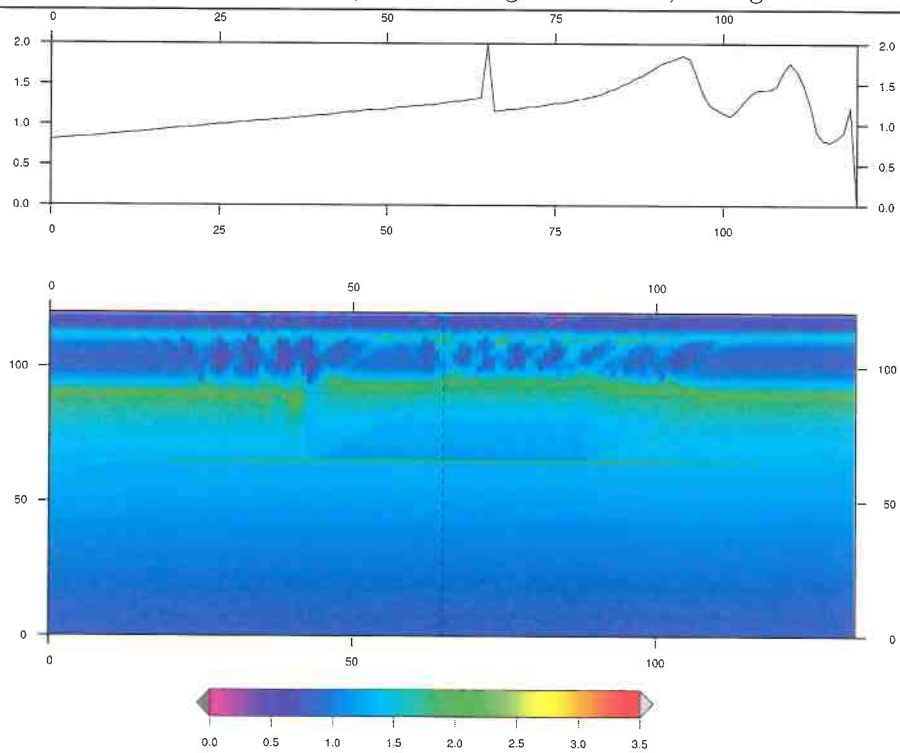


Figure 140: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

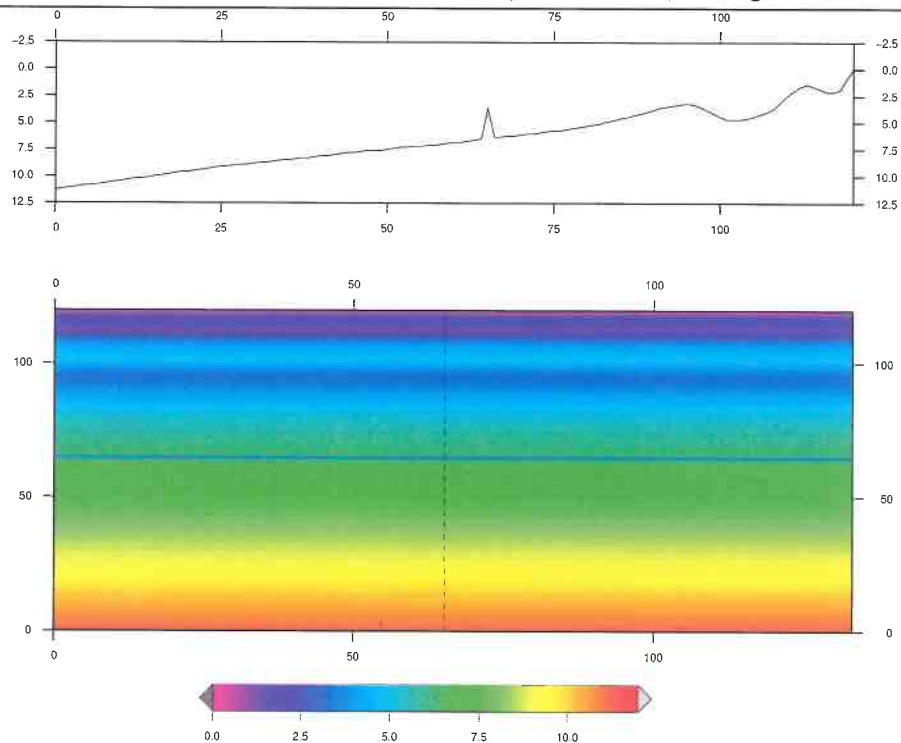


Figure 141: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

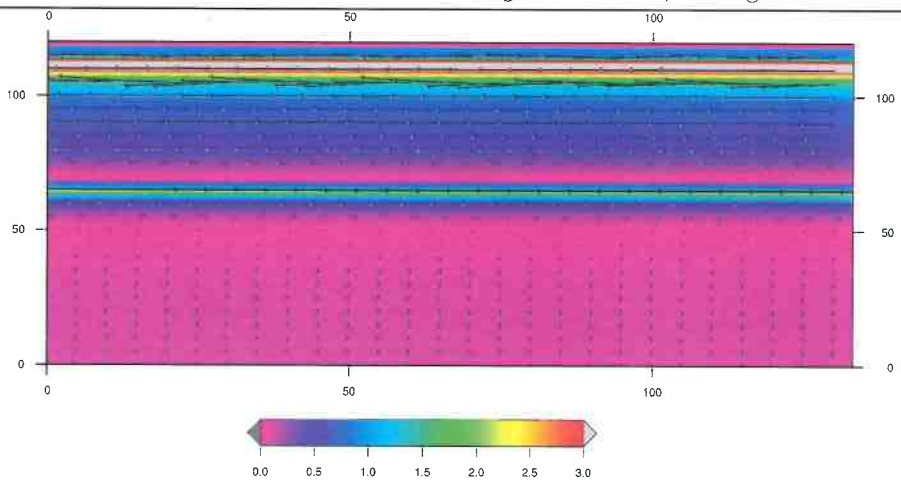


Figure 142: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

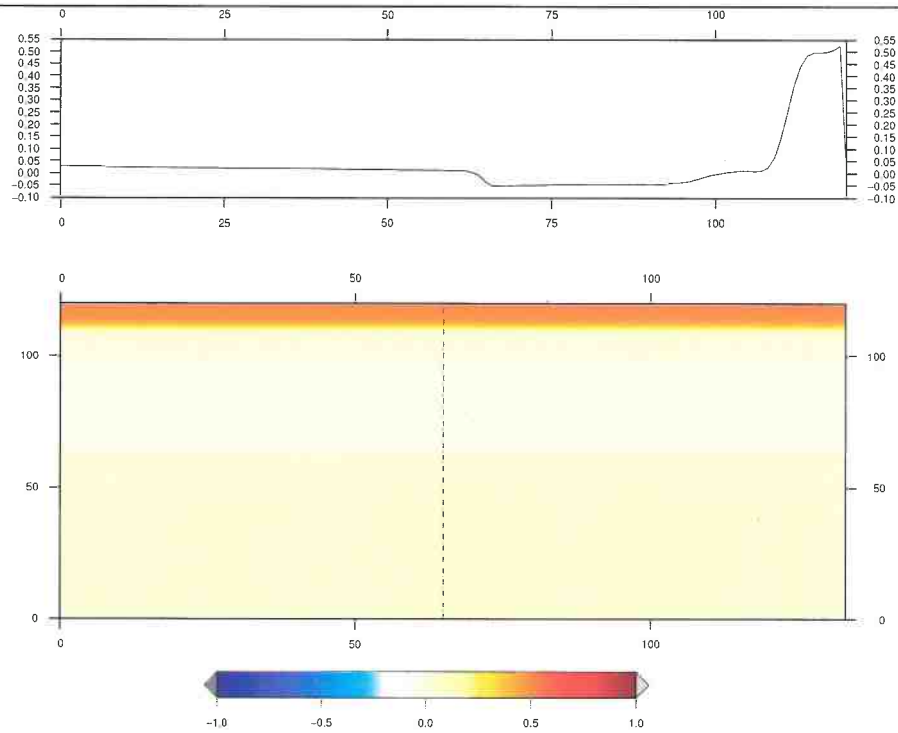


Figure 143: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

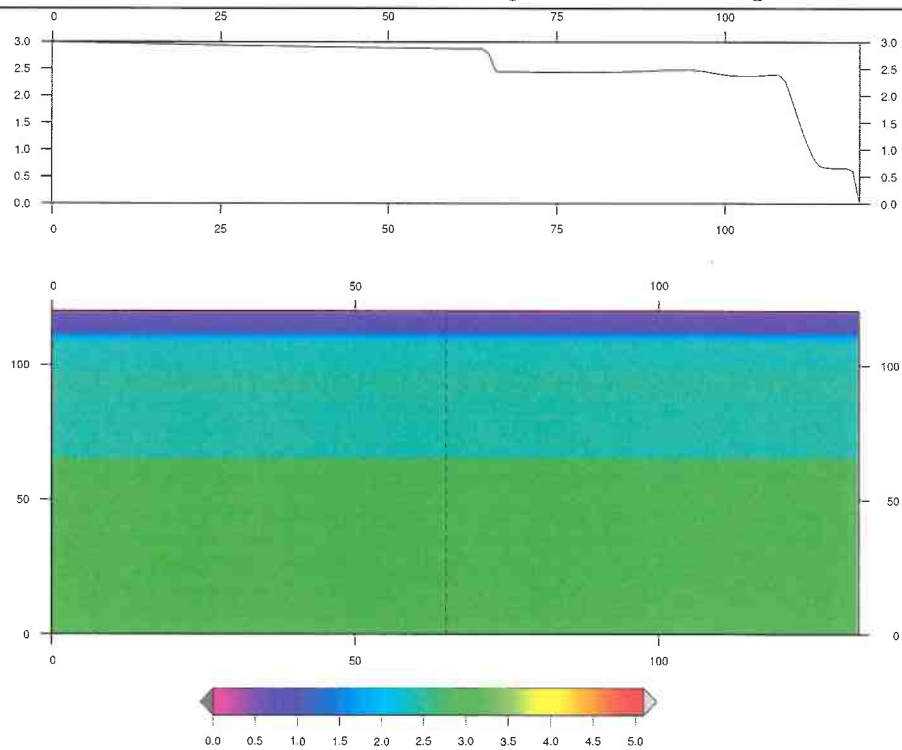


Figure 144: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

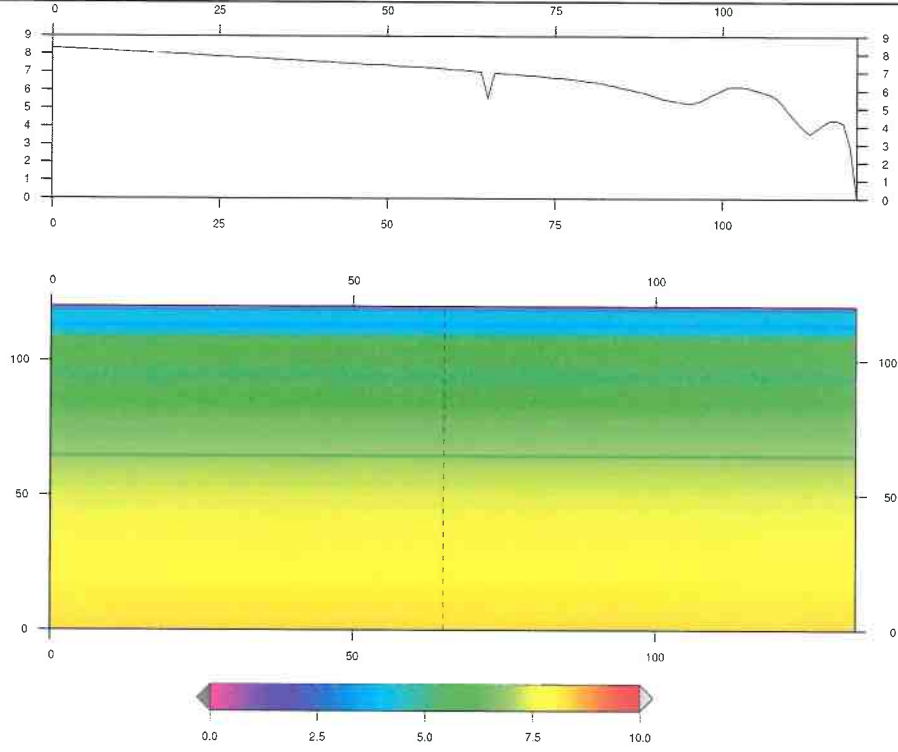


Figure 145: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

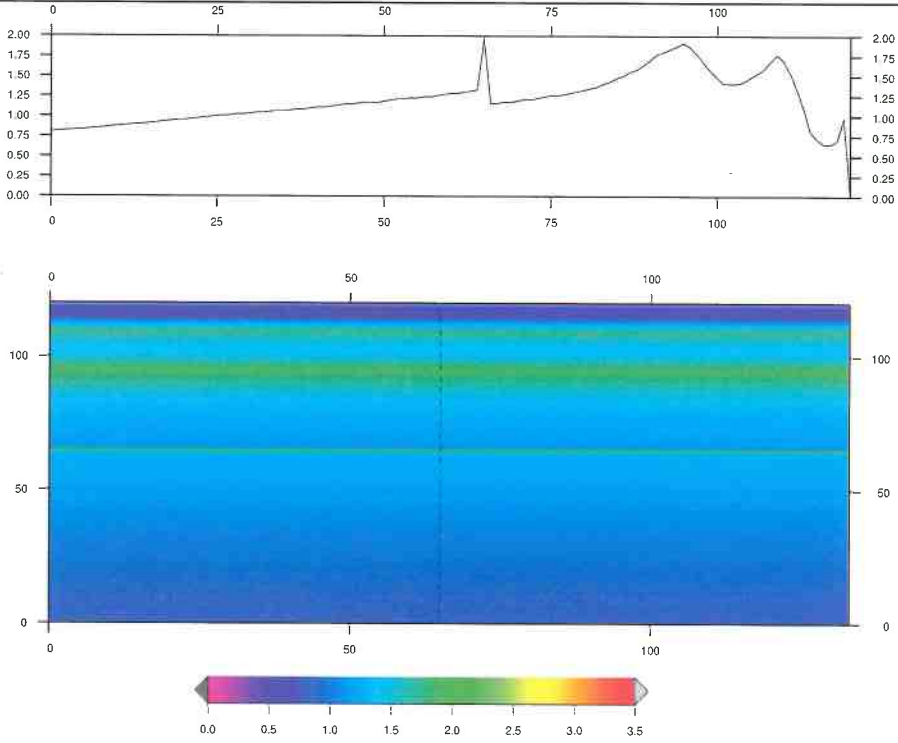


Figure 146: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

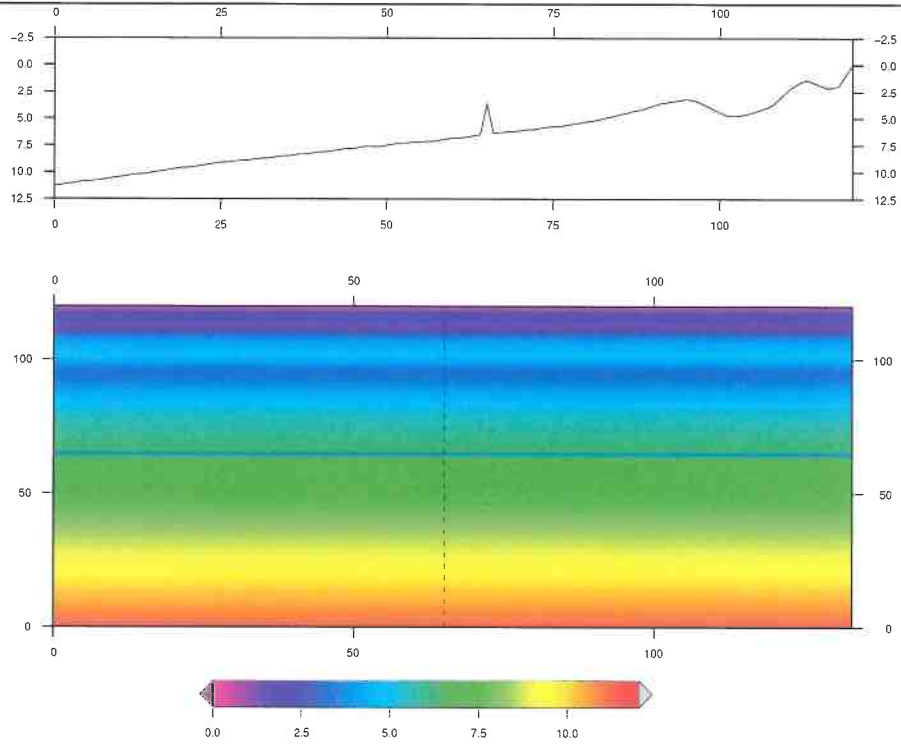


Figure 147: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

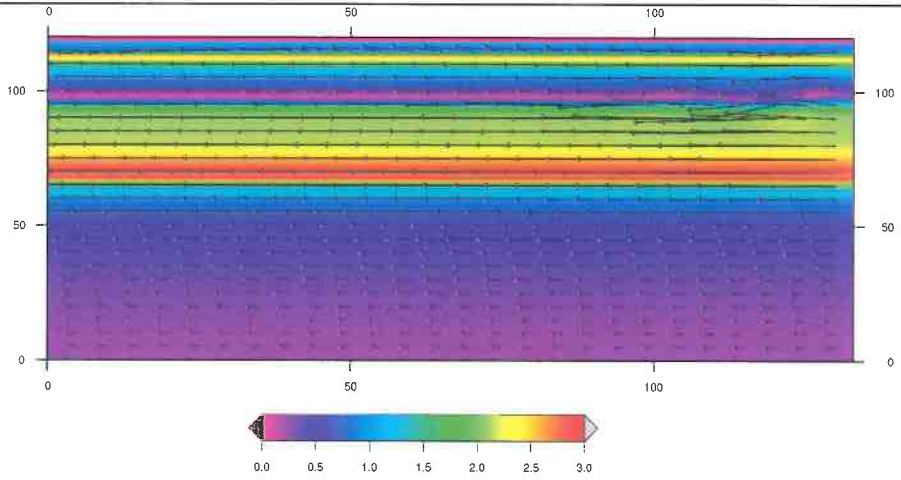


Figure 148: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

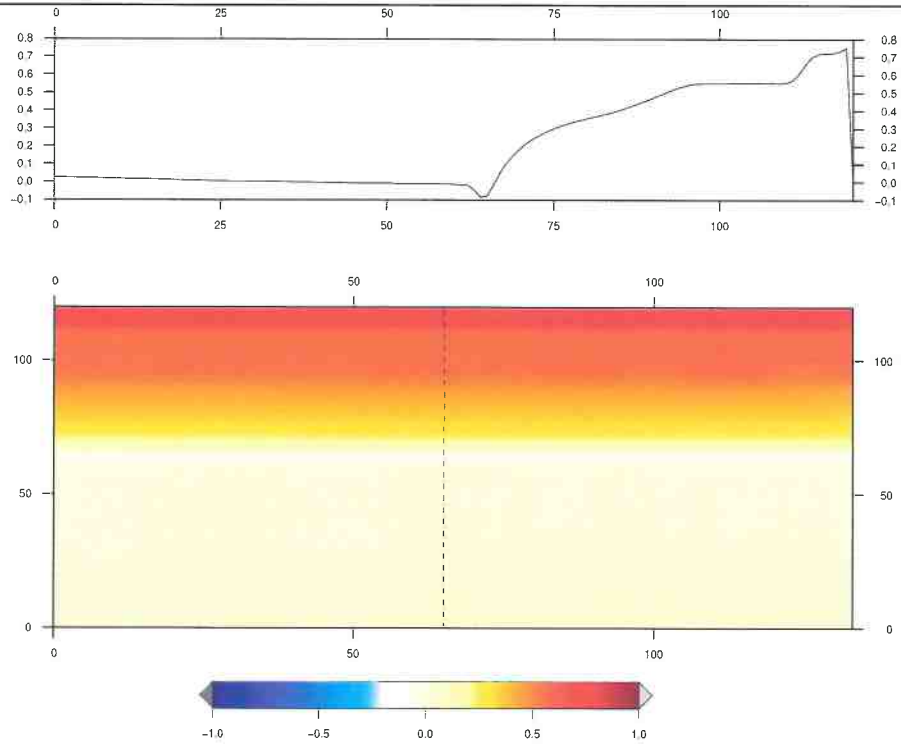


Figure 149: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

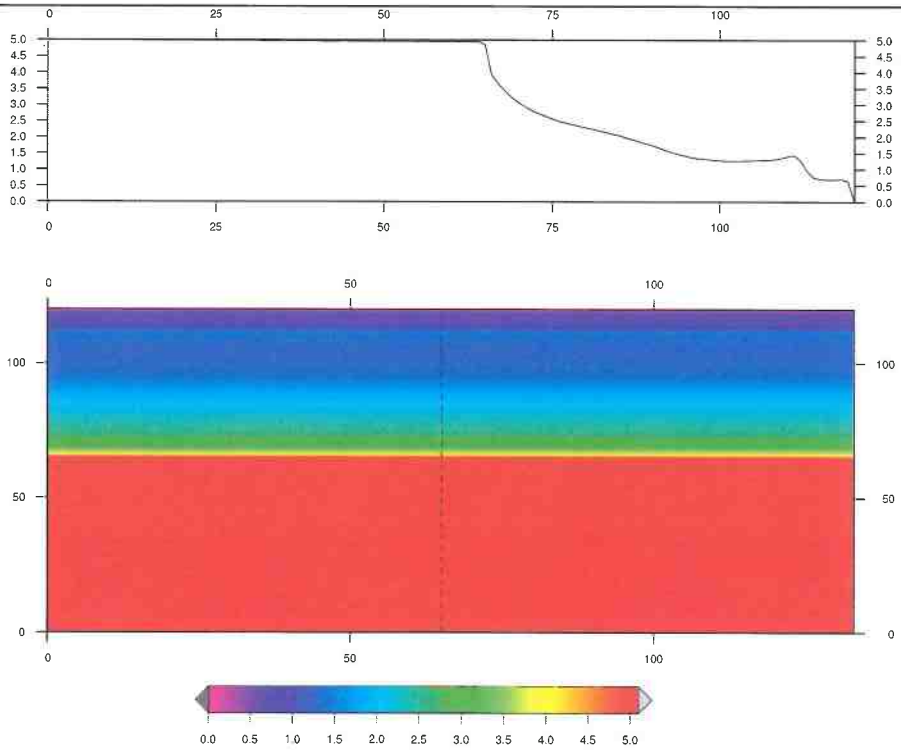


Figure 150: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

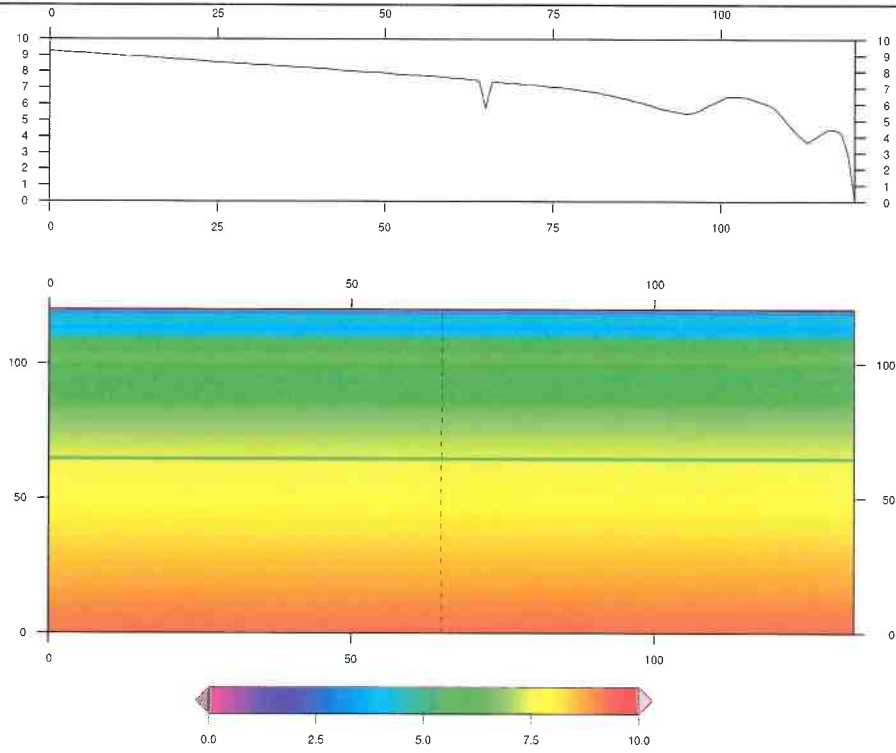


Figure 151: Short wave celerity [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-A-extrude

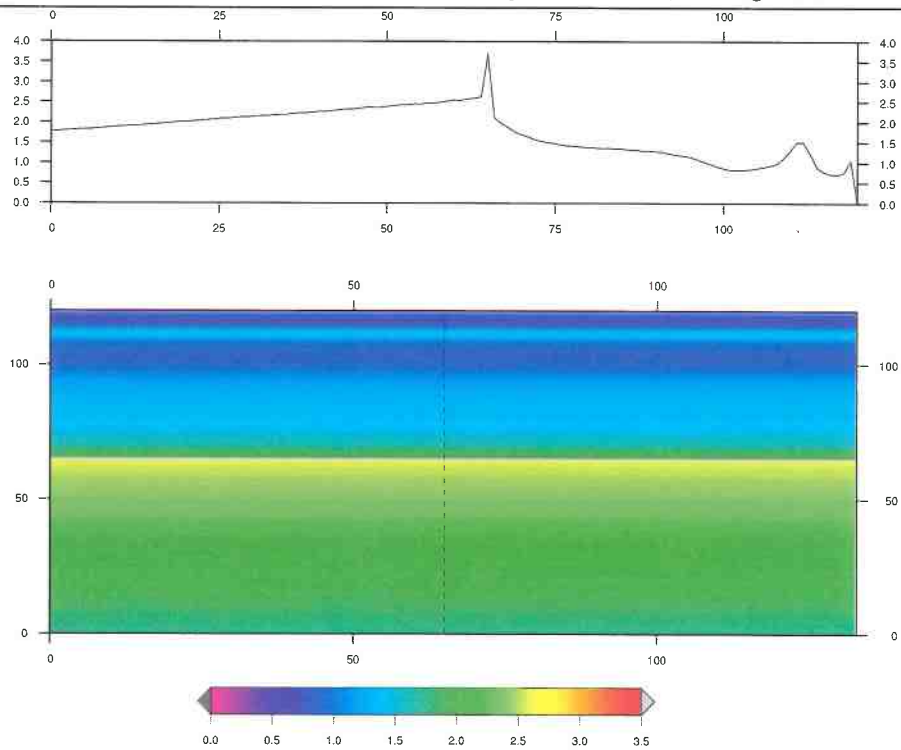


Figure 152: Amplitude of the bottom orbital velocity [m.s^{-1}]

4.5.3 Simulations for the configuration TYPE-B (both classic and extruded) with 30° wave incident angle

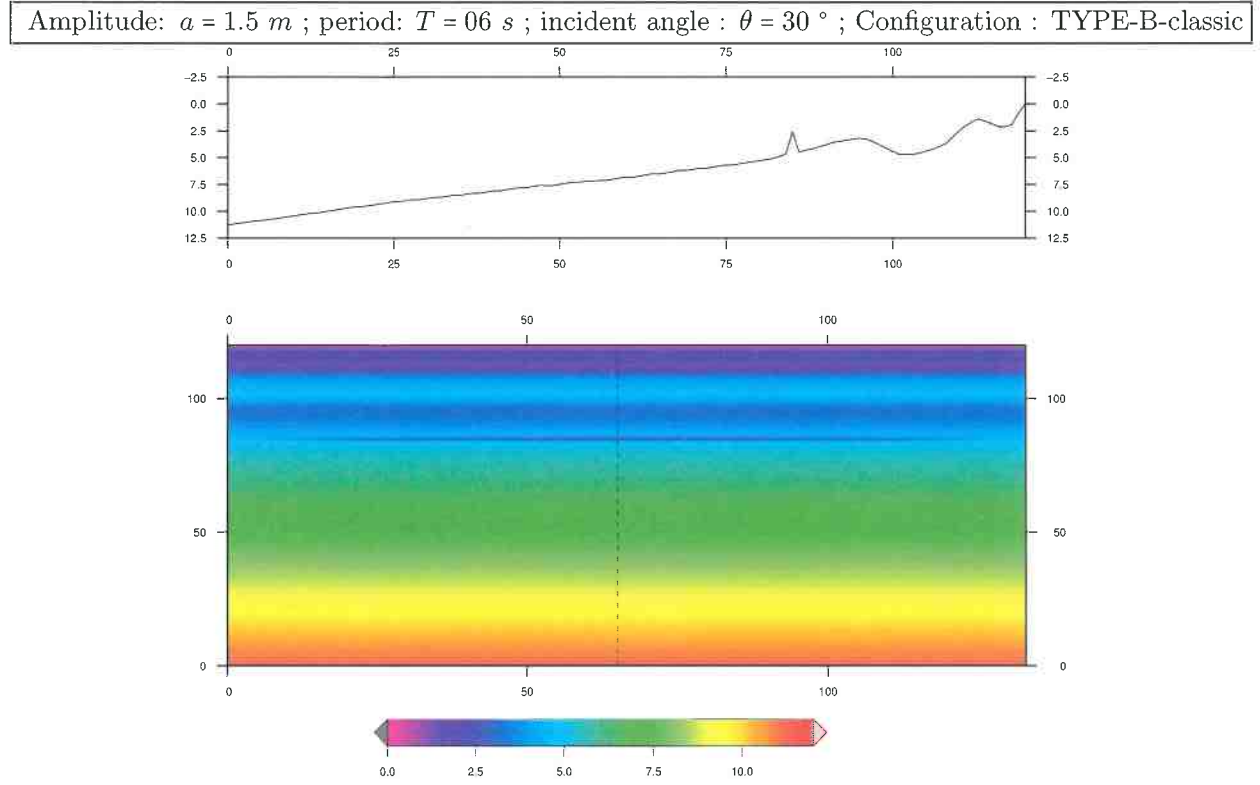


Figure 153: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

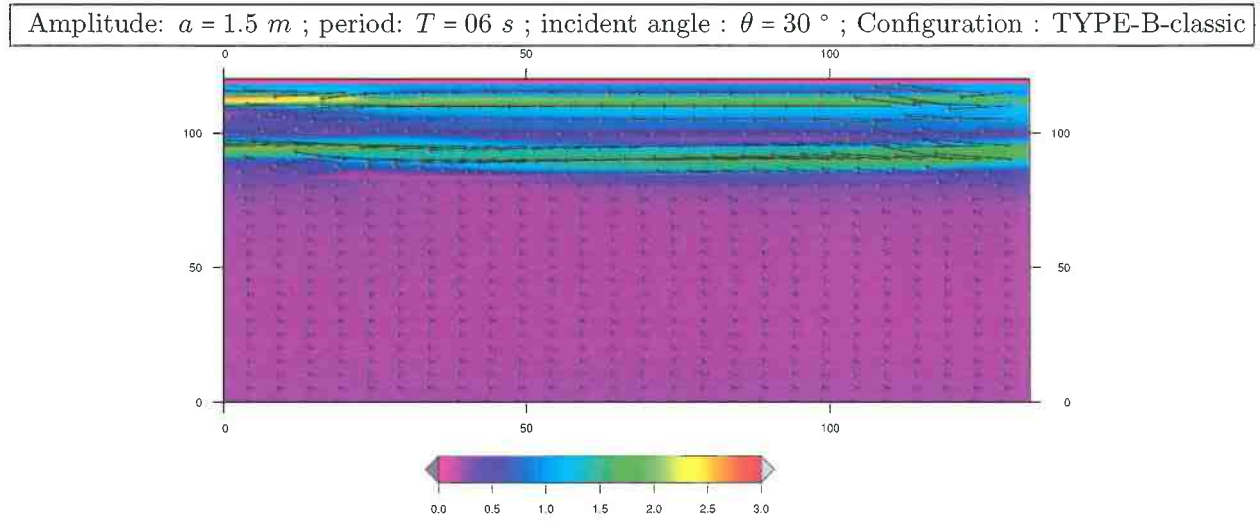


Figure 154: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

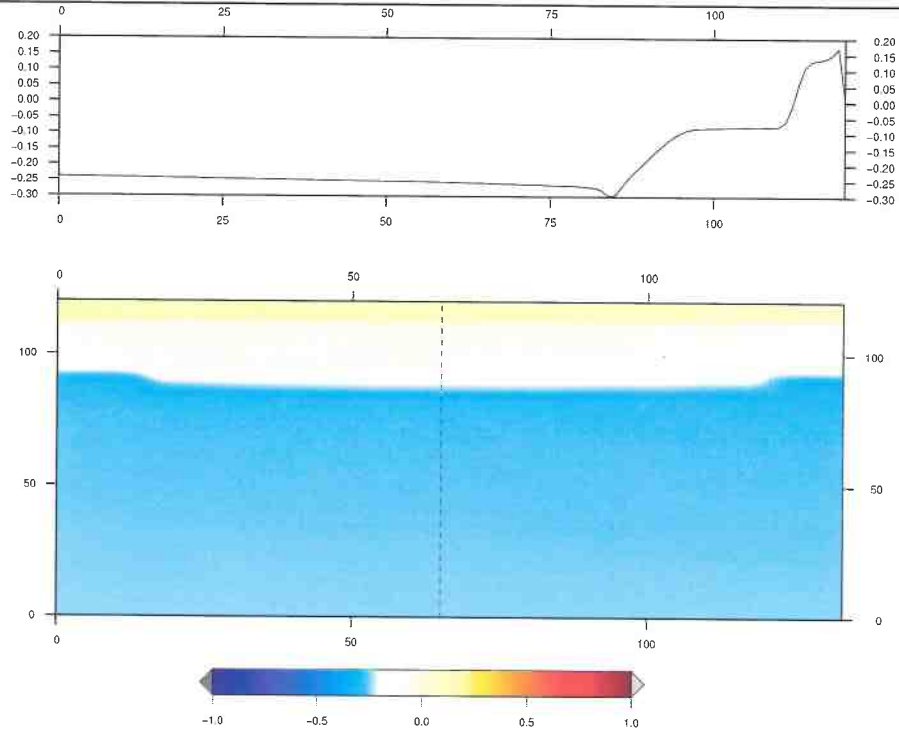


Figure 155: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

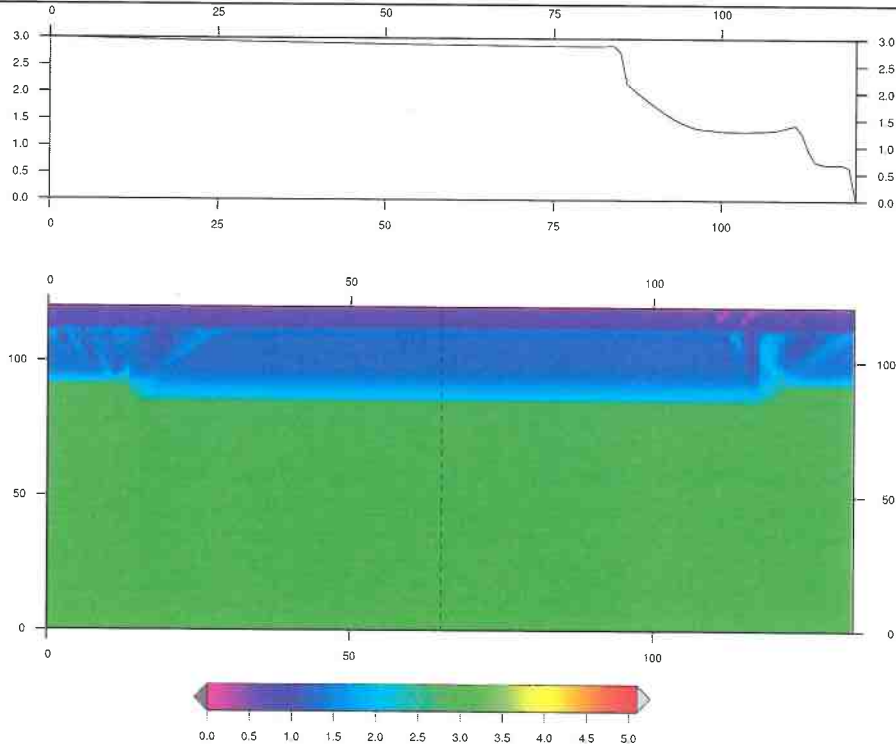


Figure 156: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

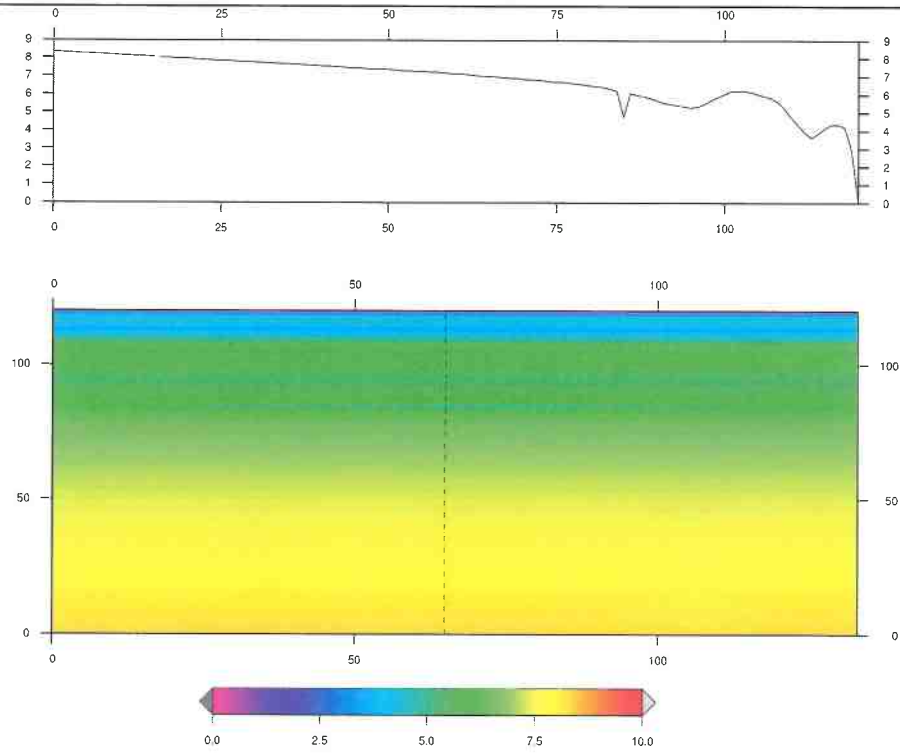


Figure 157: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-classic

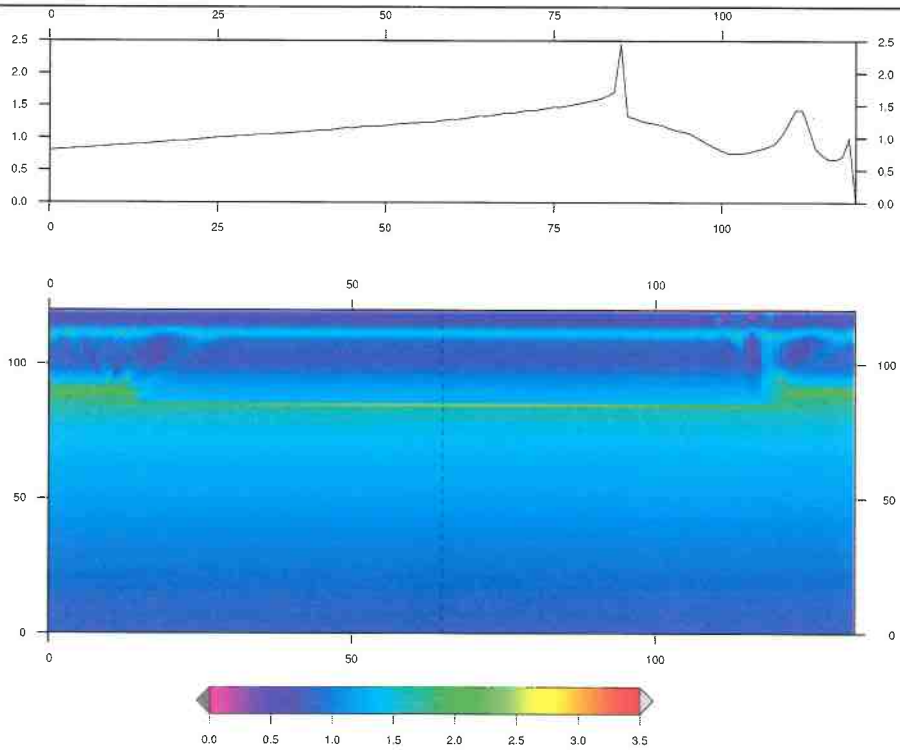


Figure 158: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

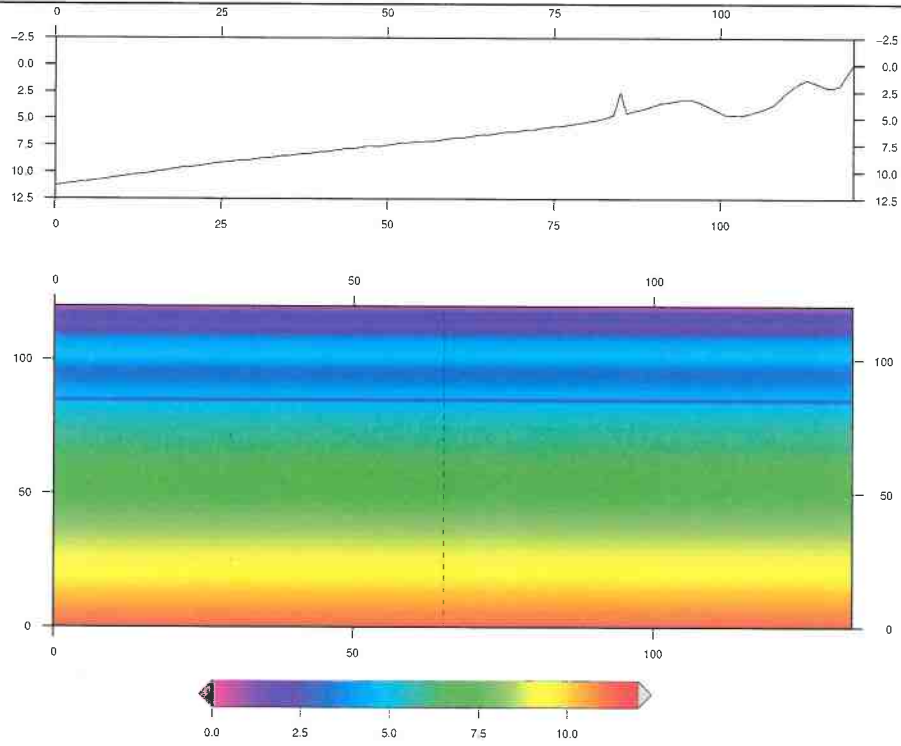


Figure 159: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

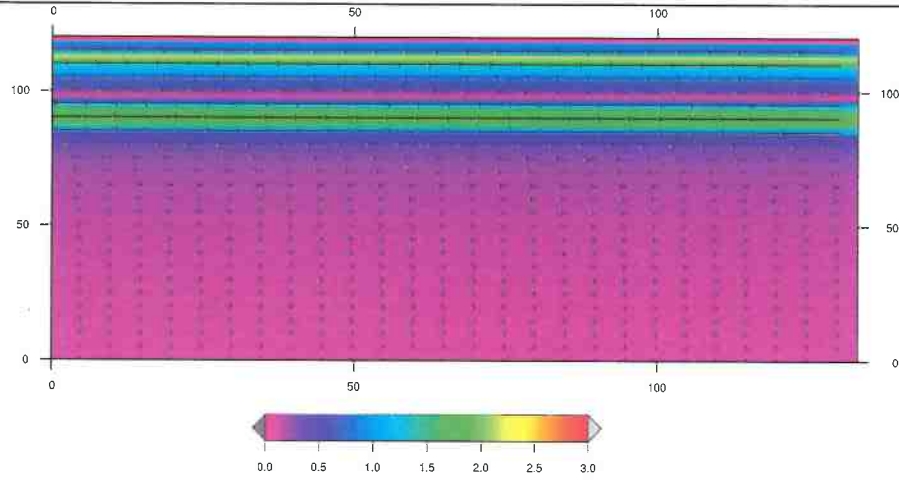


Figure 160: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

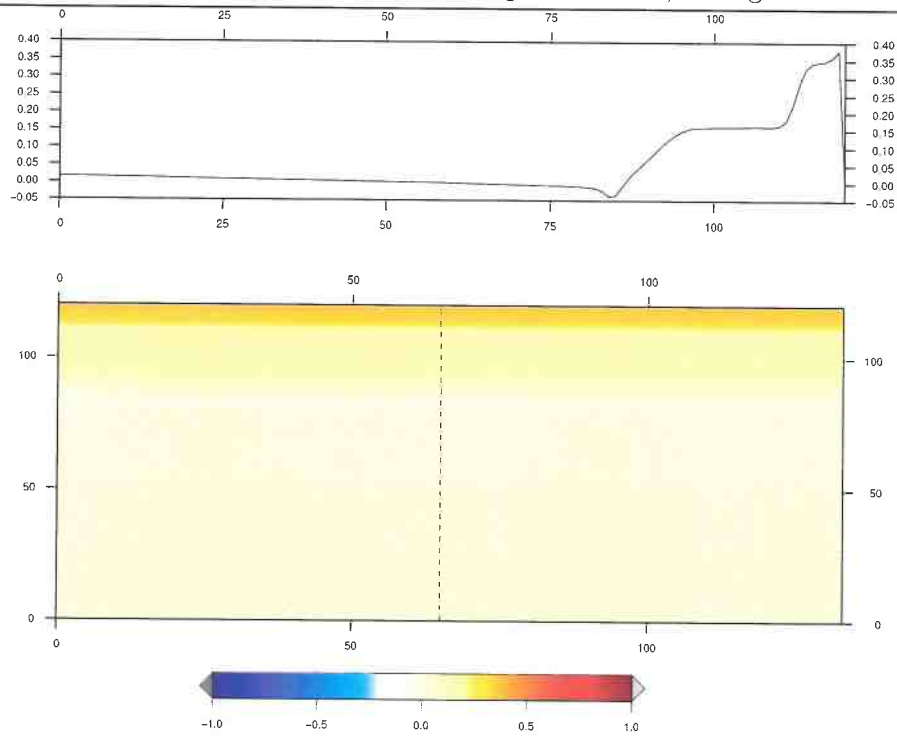


Figure 161: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

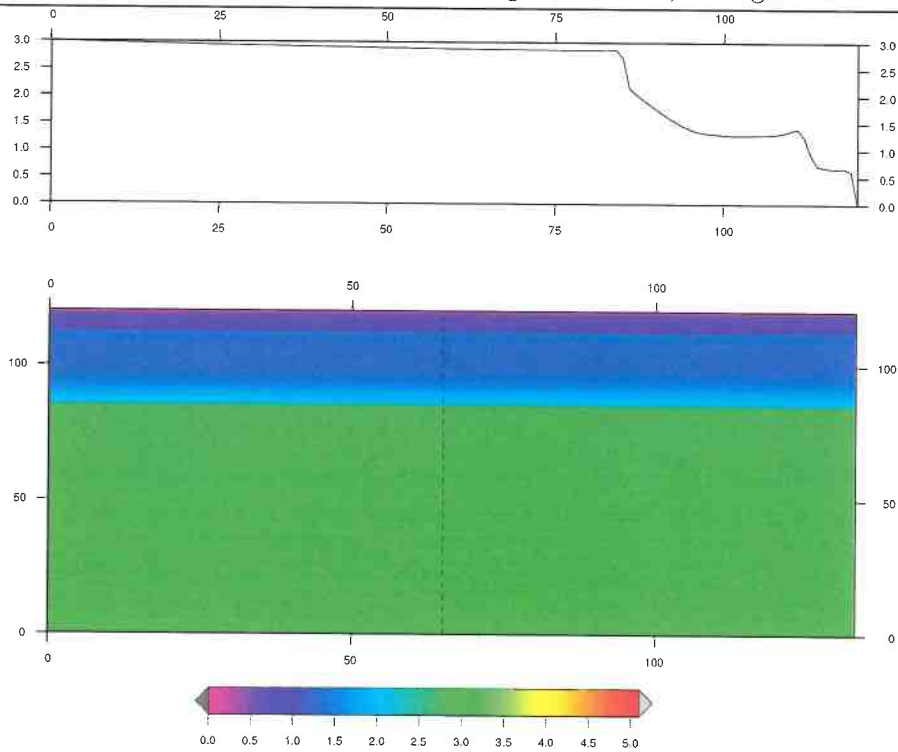


Figure 162: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

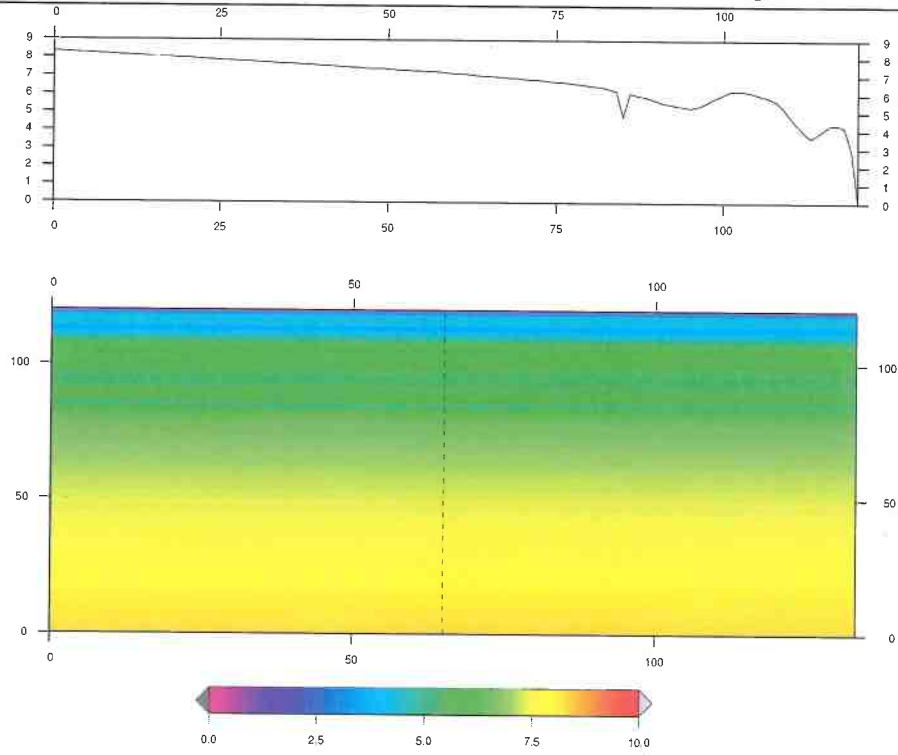


Figure 163: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 1.5 \text{ m}$; period: $T = 06 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

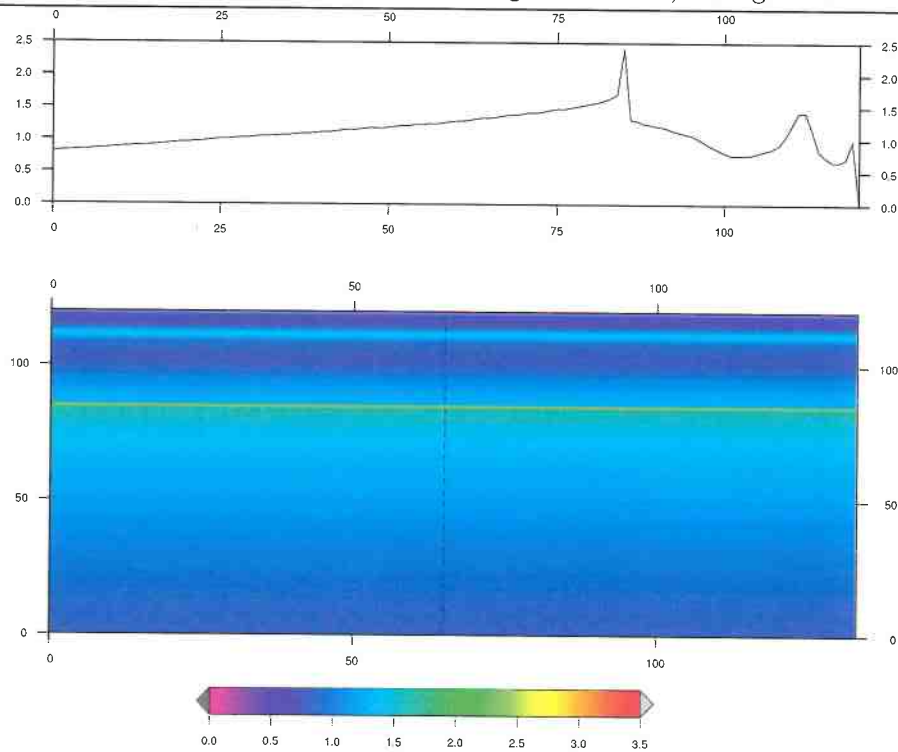


Figure 164: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

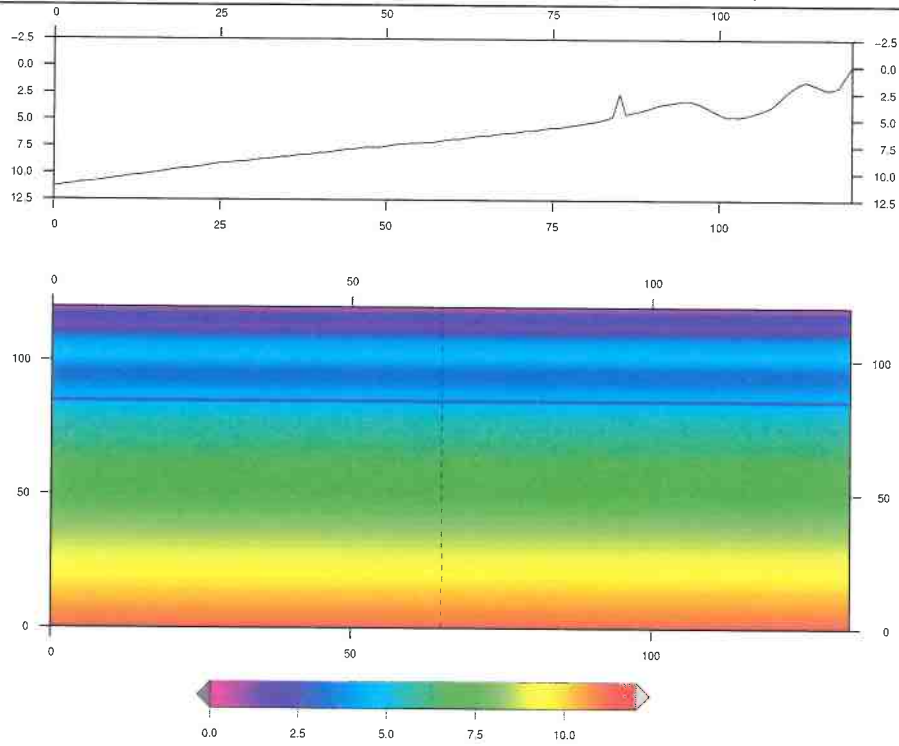


Figure 165: Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

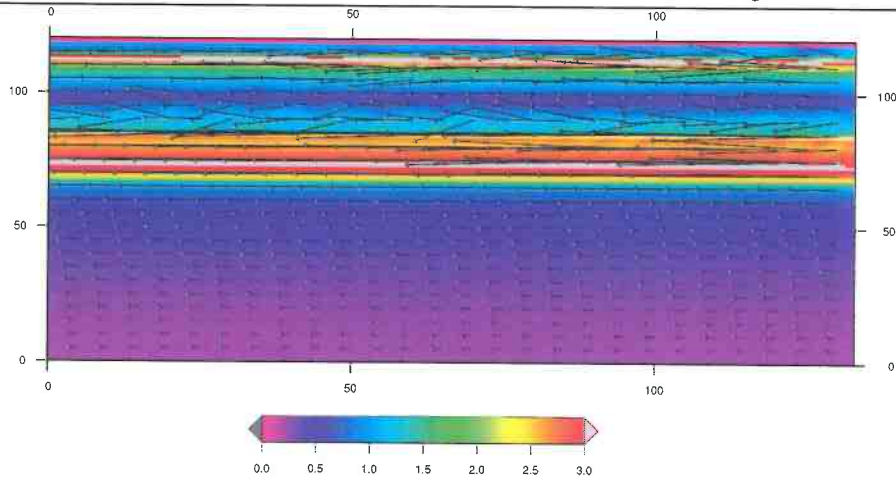


Figure 166: Barotropic circulation [m.s^{-1}]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

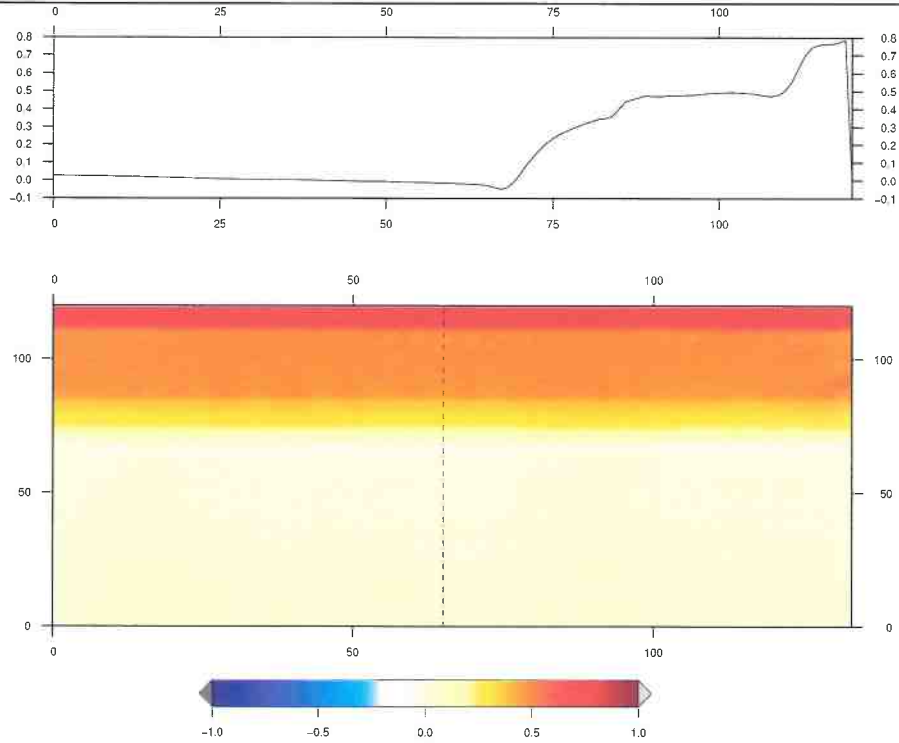


Figure 167: Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

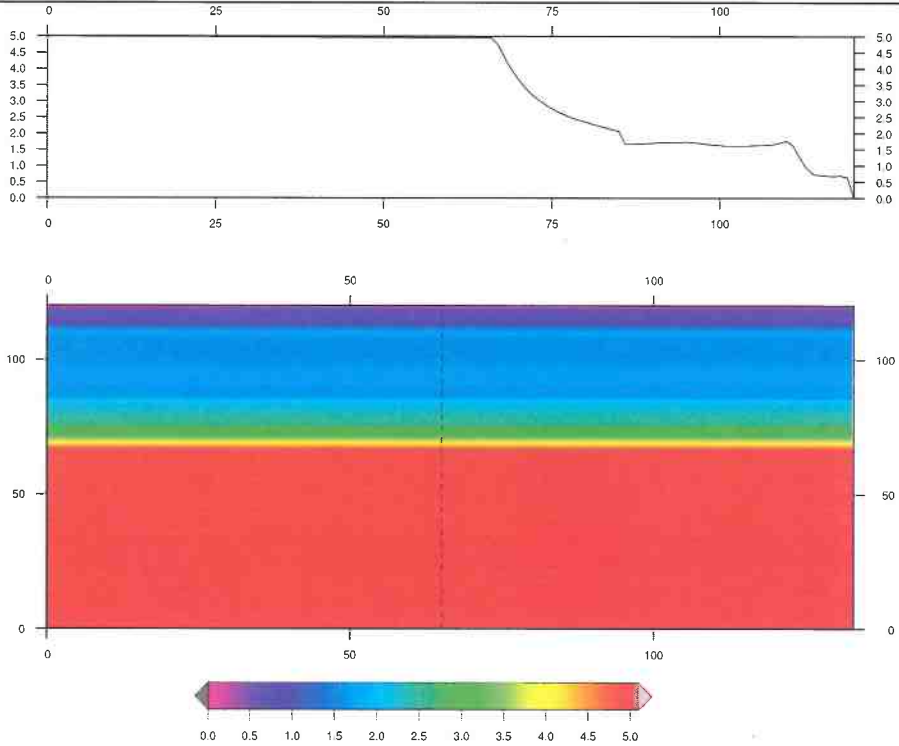


Figure 168: Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

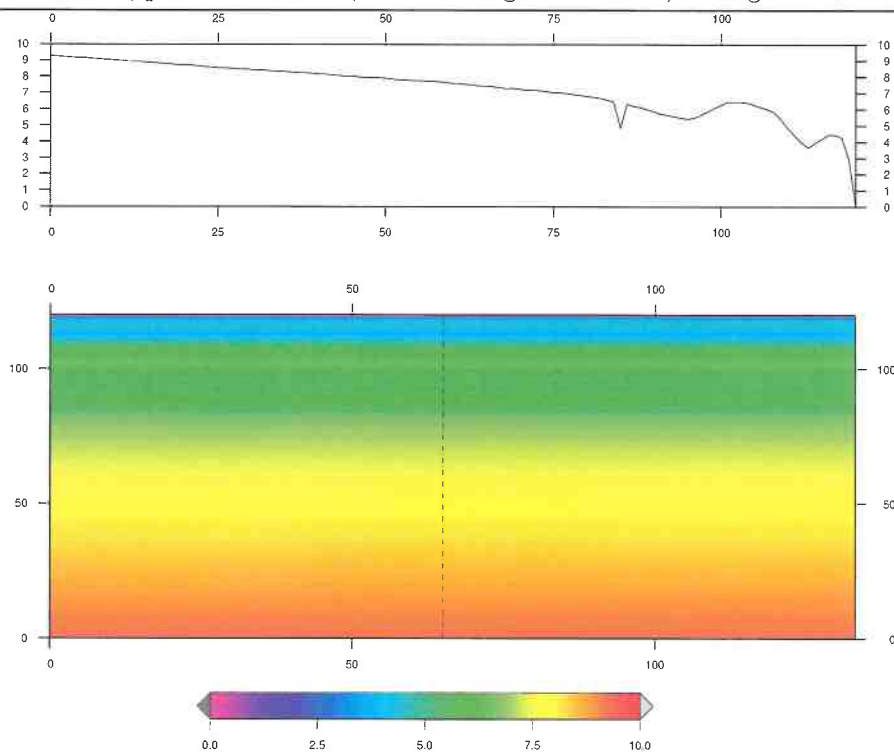


Figure 169: Short wave celerity [$m.s^{-1}$]

Amplitude: $a = 2.5 \text{ m}$; period: $T = 08 \text{ s}$; incident angle : $\theta = 30^\circ$; Configuration : TYPE-B-extrude

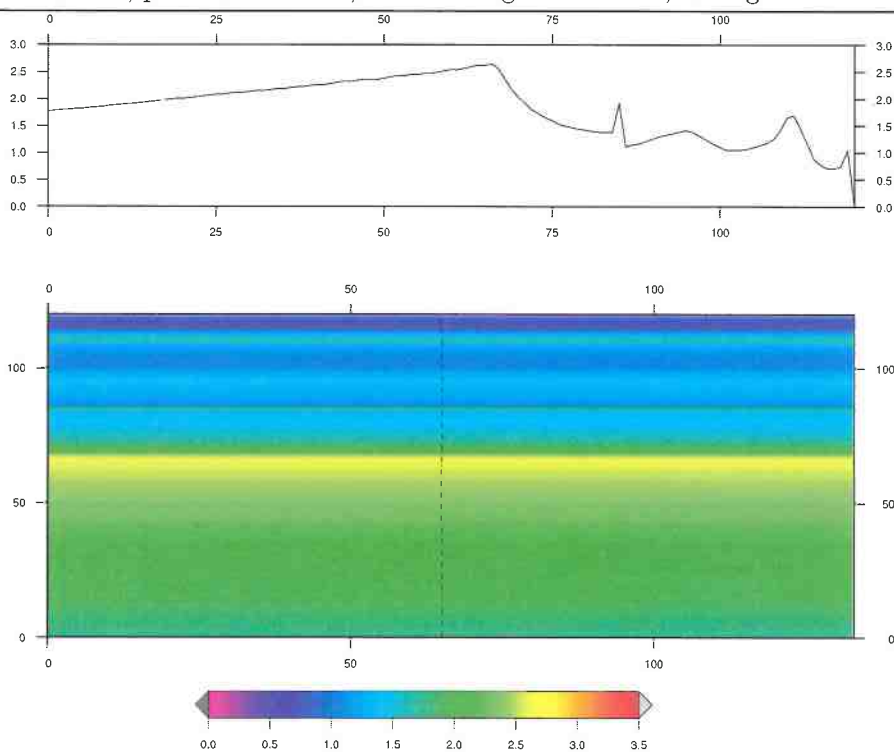


Figure 170: Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]

5 Conclusion

The results presented herein concern the barotropic circulation. SHORECIRC being a quasi-3d circulation tool, it may have been possible to discuss on the basis of surface or seabottom currents. However, a preliminary analysis of such quasi-3d velocities highlighted that for a wave incidence greater than 1 or 2 degrees, surface current, bottom current and barotropic current display the same orientation with decreasing magnitude of the velocity from the surface to the bottom. As a consequence, the results presented here may have not changed if one have considered surface current or bottom current separately, and the quasi-3d development is thus not mandatory. Basically, it provides a better description of the transfer of momentum between waves, current and water level. For this reason, using SHORECIRC was a good idea.

Simulations for normal wave incidence demonstrate that the configurations with defense structures may introduce some perturbations of the circulation at the lateral boundaries of the geotube. These alterations could lead to near field scour. However, a pure normal wave incidence is very rare, and such results may be considered with caution as it as been explained. Such peculiar local hydrodynamic patterns disappear as soon as the wave angle is about 1-2 degrees, which will occur most of the case in the real world.

As a consequence, simulations for 15° incident wave, representative of any realistic storm forcing, demonstrate that TYPE-A and TYPE-B configuration do not introduce stronger cross shore or long shore current with respect to the unprotected configuration. On the contrary, any defense structure may reduce globally the alongshore current at its lee side after the current has locally increased at the top of the defense structure, where sediment cannot be remobilized. In other words, the geotube configurations presented here – suggested by shape optimization (BRL Ingénierie, 2017a) with a cost function derived from wave energy / wave orbital velocity – are relevant from a strict nearshore circulation point of view. This circulation analysis validates a posteriori the choice derived from the numerical optimization study.

*

* *

References

- Batchelor, G. K., 1967. An introduction to fluid dynamics. Cambridge University Press.
- Berkhoff, J. C. W., 1972. Computation of combined refraction-diffraction. In: ASCE. (Ed.), Proc. 13th Coastal Eng. Conf., Vancouver. pp. 471–490.
- Bonnefille, R., 1994. Cours d'hydraulique maritime. Enseignement de la Physique. Masson, Paris.
- Bonneton, P., 2003a. Analyse physique et modélisation des processus hydrodynamiques en zone de surf 23, 157–179.
- Bonneton, P., 2003b. Dynamique non-linéaire des vagues en zone de surf interne 7, 1061–1076.
- Bonneton, P., Chazel, F., Lannes, D., Marche, F., Tissier, M., 2011. A splitting approach for the fully nonlinear and weakly dispersive green-naghdi model. *Journal of Computational Physics* 230 (4), 1479–1498.
- Booij, N., 1981. Gravity waves on water with non-uniform depth and current. (PhD thesis) Technical University of Delft, The Netherlands.
- Bouchette, F., March 2001. Wave / sediment interaction in the South-East Basin (uppermost Jurassic, France). In: PhD Thesis of Université des Sciences et Techniques de Montpellier. Vol. 22. ISTEEM, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier cedex 5, pp. 1–264.
- Boussinesq, J., 1872. Théorie des ondes et des remous qui se propagent le long d'un canal rectangulaire horizontal, en communiquant au liquide contenu dans ce canal des vitesses sensiblement pareilles de la surface au fond. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* 17, 55–108.
- BRL Ingénierie, March 2017a. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Definition of best geotube solutions after Nearshore Optimal Theory. BRLi 17-5, BRL ingénierie.
- BRL Ingénierie, March 2017b. Coastal defense strategy along Hatzuk beach (northern Tel Aviv, Israel). Insights from the 2D COPTER physical experimentation with moveable bed. BRLi 17-3, BRLi.
- BRL Ingénierie, March 2017c. Hydro-morphodynamics of Hatzuk beach, Israel. Contribution to report marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel, Phase A. BRLi 17-1, BRLi.
- BRL Ingénierie, april 2017d. Marine engineering planning services of submerged detached breakwaters with sand filled containers at the front of Ha'Tzuk beach in Tel Aviv – Yafo, Israel. phase A: state of knowledge, key issues, strategic solution, technical constraints regarding the project. BRL report 08-2, BRLi.
- Bujan, N., 2009. Application d'un modele de circulation littorale quasi-tridimensionnel à la dynamique des plages du languedoc-roussillon. Research report, Géosciences-Montpellier, University of Montpellier.
- CAMERI, 2013. Tel Aviv Area – Wave statistics for deep water based on Ashdod and Haifa wave measurements from 01/04/1992 to 31/03/2013. Tech. Rep. P.N 788/13, Technion City, Haifa.
- Chailan, R., 2015. Ph.D. thesis, University of Montpellier.
- Chappellear, J., 1961. Direct numerical calculation of nonlinear ocean waves. *Journal of Geophysical Research* 66 (2), 501–508.

- Chawla, A., Kirby, J. T., May 1998. Experimental study of wave breaking and blocking on opposing currents. In: Proc. 26th Int. Conf. on Coastal Engineering. Department of Civil and Environmental Engineering - University of Delaware.
- Dally, W.R., D. R. D. R., 1985. Wave height variations across beaches of arbitrary profile. *Journal of Geophysical Research* 90, 11917–11927.
- Dean, R., 1965. Stream function representation of non linear ocean waves. *Journal of Geophysical Research* 70 (18), 4561–4572.
- Dean, R., Dalrymple, R. (Eds.), 1991a. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Vol. 2. World Scientific Publishing.
- Dean, R. G., Dalrymple, R. A., 1984. *Water wave mechanics for engineers and scientists*. Vol. 2 of Advanced series on ocean engineering. World Scientific.
- Dean, R. G., Dalrymple, R. A., 1991b. *Water wave mechanics for engineers and scientists*. Vol. 2 of Advanced Series on Ocean Engineering. World Scientific.
- Dingemans, M. W., 1991. Wave propagation over uneven bottoms. Vol. 13 of Advanced Series on Ocean Engineering. World Scientific.
- Duran, A., Marche, F., 2015. Discontinuous-galerkin discretization of a new class of green-naghdi equations. *Communications in Computational Physics* 17 (3), 721–760.
- Hedges, T., 1976. An empirical modification to linear wave theory. *Proc. Inst. Civ. Eng.* 61, 575–579.
- Kirby, J., 2017. Recent advances in nearshore wave, circulation and sediment transport modeling 17.
- Kirby, J., Dalrymple, R., 1986. Modeling waves in surfzones and around islands. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean engineering* 112, 78–93.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1983. A parabolic equation for the combined refraction diffraction of stokes waves by mildly varying topography. *J. Fluid. Mechanics*. 136, 443–466.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1994. Combined refraction/diffraction model ref/dif 1, version 2.5. documentation and user's manual. Research Report No. CACR-94-22, Center for Applied Coastal Research, Department of Civil Engineering, University of Delaware, Newark.
- Kirby, J. T., Dalrymple, R. A., 1995. Refdif1 v2.5 refraction diffraction model. Technical report, CACR. Short A.D 1999. *Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley, 380pp.
- Korteweg, G., De Vries, G., 1895. On the change of form of long waves advancing in a rectangular channel, and on a new type of long stationary waves. *Philos. Mag.* 5th Ser. 39, 422–433.
- Lubin, P., Vincent, S., Abadie, S., Caltagirone, J.-P., 2006. Three-dimensional large eddy simulation of air entrainment under plunging breaking waves. *Coastal engineering* 53 (8), 631–655.
- Lubin, P., Vincent, S., Caltagirone, J.-P., Abadie, S., 2003. Fully three-dimensional direct numerical simulation of a plunging breaker. *Comptes Rendus Mecanique* 331 (7), 495–501.
- Marche, F., 2007. Derivation of a new two-dimensional viscous shallow water model with varying topography, bottom friction and capillary effects. *European Journal of Mechanics - B/Fluids* 26 (1), 49–63.
- Mei, C. C., 1989. *The applied dynamics of ocean surface waves*. Vol. 1 of Advanced Series on Ocean Engineering. World Scientific.

- Monaghan, J. J., 1994. Simulating free surface flows with sph. *Journal of Computational Physics* 110, 399–406.
- Oudart, T., Larroudé, P., Bouchette, F., 2013. Two numerical approaches: 2D and 3D SPH model to simulate extreme waves over a barrier island. *Journal of Coastal Research* 65, 362–368.
- Phillips, O., 1977a. *The dynamics of the upper ocean*. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Phillips, O. M., 1977b. *The dynamics of the upper ocean*. Cambridge university press, London, 261 pp.
- Putrevu, U., Svendsen, I., 1999a. Three-dimensional dispersion of momentum in wave-induced nearshore currents. *European Journal of Mechanics-B/Fluids*, 409–427.
- Putrevu, U., Svendsen, I. A., 1999b. Three-dimensional dispersion of momentum in wave-induced nearshore currents. *Eur. J. Mech. B/Fluids*, 83–101.
- Radder, A. C., 1979. On the parabolic equation method for water-wave propagation. *Journal of Fluid Mechanics* 95 (1), 159–176.
- Shi, F., Kirby, J. T., Newberger, P., Haas, K., 2003. Nearcom master program, version 2005.4: User's manual and module integration. Research report, CACR.
- Shi, F., Svendsen, I. A., Kirby, J. T., 2004. Curvilinear shorecirc users manual: A curvilinear version of quasi-3d nearshore circulation model. Research report, CACR.
- Svendsen, I., Sancho, F., Oltman-Shay, J., Thornton, E., 1997. Modelling nearshore circulation under field conditions. In: *Proceedings ASCE Waves'97 conference*. Virginia Beach, pp. 765–776.
- Svendsen, I. A., Haas, K., Zhao, Q., 2002. Shorecirc- the quasi-3d nearshore circulation model. Tech. Rep. CACR-02-01, Center for Applied Coastal Research, University of Delaware.
- Svendsen, I. A., Haas, K., Zhao, Q., 2004a. Quasi-3d nearshore circulation model shorecirc: Version 2.0. Research report, CACR.
- Svendsen, I. A., Haas, K., Zhao, Q., 2004b. Quasi-3d nearshore circulation model shorecirc: Version 2.0. Tech. rep., Center for Applied Coastal Research, University of Delaware.
- Touboul, J., Charland, J., Rey, V., Belibassakis, K., 2016. Extended mild-slope equation for surface waves interacting with a vertically sheared current. *Coastal Engineering* 116, 77 – 88.
- Touboul, J., Kharif, C., 2016. Effect of vorticity on the generation of rogue waves due to dispersive focusing. *Natural Hazards* 84 (2), 585–598.
- Touboul, J., MORHOCH Team, 2017. Morhoch project – final report.
- van Dongeren, A., Sancho, F., Svendsen, I., Putrevu, U., 1994. Shorecirc: A quasi 3-d nearshore model. In: *24th Int. Conf. on Coast. Eng., ASCE*. pp. 2741–2754.
- Van Dongeren, A. R., Svendsen, I., 2000. Nonlinear and quasi 3-d effects in leaky infragravity waves. *Coastal Engineering*, 467–496.
- Zanuttigh, B., M. L. L. A. M. P. H. S. M. S., Ceccherelli, V., 2005. Environmental design of coastal defence in lido di dante, Italy. *Coastal Engineering* 52, 1089–1125.
- Zhao, Q., Svendsen, I., 2003. Three-dimensional effects in shear waves. *Journal of Geophysical Research* 108 (3270).

List of Figures

1	Hatzuk beach, the zone of concern and surrounding areas. The studied site is located in between two sediment disruption points (Herzliya Marina HM and Reading power station RPS). Another striking feature is the isolated Tel Baruch Tombolo (TBT).	4
2	A digital elevation model of Hatzuk beach and two typical numerical grid after the smoothing of the realistic seabottom topography. The mean slope is the same. Water depth is approximately 7 m at a distance of 500 m off the shoreline, like in Hatzuk (1.4%)	9
3	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	13
4	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	13
5	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	14
6	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	14
7	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	15
8	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	15
9	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	16
10	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	16
11	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	17
12	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	17
13	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	18
14	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	18
15	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	19
16	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	19
17	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	20
18	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	20
19	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	21
20	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	21
21	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	22
22	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	22
23	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	23
24	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	23
25	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	24
26	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	24
27	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	25
28	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	25
29	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	26
30	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	26

31	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	27
32	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	27
33	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	28
34	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	28
35	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	29
36	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	29
37	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	30
38	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	30
39	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	31
40	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	31
41	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	32
42	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	32
43	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	33
44	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	33
45	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	34
46	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	34
47	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	35
48	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	35
49	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	36
50	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	36
51	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	37
52	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	37
53	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	38
54	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	38
55	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	39
56	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	39
57	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	40
58	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	40
59	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	41
60	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	41
61	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	42
62	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	42
63	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	44
64	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	44

65	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	45
66	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	45
67	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	46
68	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	46
69	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	47
70	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	47
71	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	48
72	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	48
73	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	49
74	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	49
75	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	50
76	Barotropic circulation [m . s^{-1}]	50
77	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	51
78	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	51
79	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	52
80	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	52
81	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	53
82	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	53
83	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	54
84	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	54
85	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	55
86	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	55
87	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	56
88	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	56
89	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	57
90	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	57
91	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	58
92	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	58
93	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	59
94	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	59
95	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/ set-down)	60
96	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	60
97	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	61
98	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	61

99	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	62
100	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	62
101	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	63
102	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	63
103	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	64
104	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	64
105	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	65
106	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	65
107	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	66
108	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	66
109	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	67
110	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	67
111	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	68
112	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	68
113	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	69
114	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	69
115	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	70
116	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	70
117	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	71
118	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	71
119	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	72
120	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	72
121	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	73
122	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	73
123	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	74
124	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	75
125	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	75
126	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	76
127	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	76
128	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	77
129	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	77
130	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	78
131	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	78
132	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	79

133	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	79
134	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	80
135	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	81
136	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	81
137	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	82
138	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	82
139	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	83
140	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	83
141	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	84
142	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	84
143	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	85
144	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	85
145	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	86
146	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	86
147	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	87
148	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	87
149	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	88
150	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	88
151	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	89
152	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	89
153	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	90
154	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	90
155	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	91
156	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	91
157	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	92
158	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	92
159	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	93
160	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	93
161	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	94
162	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	94
163	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	95
164	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	95
165	Water depth [m] with respect to still water level ($z = 0$)	96
166	Barotropic circulation [$m.s^{-1}$]	96

167	Mean elevation [m] of the water surface η (wave-driven setup/set-down)	97
168	Wave height [m] (map & profiles) and refraction/diffraction patterns	97
169	Short wave celerity [$m.s^{-1}$]	98
170	Amplitude of the bottom orbital velocity [$m.s^{-1}$]	98