

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Юбилейна приложна научно-техническа конференция
„65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”

6–7 ноември 2014
6–7 November 2014

International Jubilee Conference
„65th Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15th Anniversary Hydraulic Engineering in German”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLVII ^{ТОМ}
vol.

2014

св.
fasc. I-A

ОЦЕНКА НА ХИДРОДИНАМИЧНИТЕ И ЛИТОДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В БРЕГОВАТА ЗОНА НА С. КРАПЕЦ НА БАЗАТА НА МАТЕМАТИЧЕСКО МОДЕЛИРАНЕ

Н. Лисев¹, В. Кукурин², С. Тачев³, П. Тодоров⁴

Ключови думи: математическо моделиране, морска хидродинамика, литодинамика, брегоукрепване

Научна област: морска хидродинамика

РЕЗЮМЕ

В статията са представени резултати от изследване на вълновите явления и свързаните с тях течения и динамика на наносите в района на село Крапец, община Шабла. Целта на проучването е да предостави реални данни за хидродинамичната и литодинамичната обстановка в района, които да послужат при разработването на работен проект за брегоукрепване в района на с. Крапец. Изчисленията са извършени със системата за моделиране на крайбрежната зона Sistema de Modelado Costero (SMC), която представлява съвкупност от методологии и математични модели, предоставена за ползване на Университета по архитектура, строителство и геодезия – София от E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Avda de los Castros, Santander, Spain. Въз основа на получените моделни резултати е направено сравнение между различните проектни варианти и е направено предложение за избор на окончателно проектно решение, отговарящо най-пълно на конкретните условия.

¹ Николай Лисев, доц. д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: lisev_fhe@uacg.acad.bg

² Владимир Кукурин, инж. докторант, кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: v_kukurin@yahoo.com

³ Сава Тачев, д-р инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: sava371@abv.bg

⁴ Петър Тодоров, инж., кат. “Хидравлика и хидрология“, УАСГ, бул. “Хр. Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: peter_v@gyuvetch.bg

1. Въведение

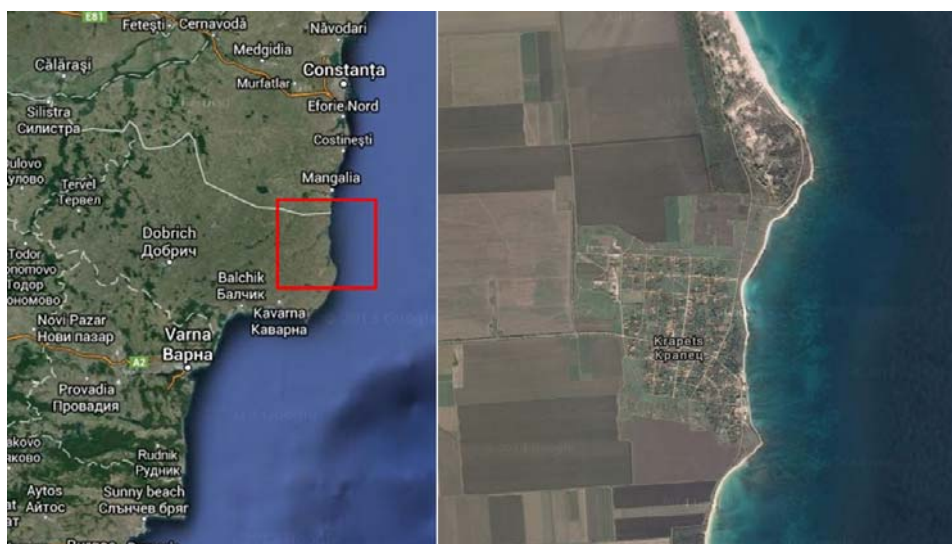
Резултатите, които се постигат при реализация на брегозащитни проекти, зависи от способностите на проектантите правилно да оценят причините, довели до нарушаване на естественото равновесие на подводния брегови склон и процесите, които предизвикват абразията на морските брегове. Методологията, която се прилага в различните етапи на проектиране, трябва в максимална степен да обхваща всички фактори оказващи влияние върху поведението на плажната ивица и тяхното взаимодействие във времеви и пространствен аспект.

Необходимостта от защита на бреговете и в частност възстановяване на плажната ивица възниква поради невъзможност същата да изпълнява своите функции за по-кратък или по-продължителен период от време, най-често вследствие на естествени процеси или активното вмешателство на хората. В тази връзка обикновено се предприемат мероприятия, целящи защита на брега в различни времеви хоризонти от няколко часа, колкото е продължителността на отделния щорм, до десетки години.

Обикновено брегозащитните функции се възлагат на плажната ивица, която е в състояние да изпълнява редица по-важни функции, сред които – защита на брега от вълновото въздействие. Той представлява естествена среда за развитие на флората и фауната и способства усвояването на бреговата зона за рекреационни нужди, което поради бурното развитие на туристическата индустрия през последните години има все по-важно значение за българската икономика.

2. Описание на изследвания район

Моделираният участък попада в т.нар. Крапецки брегоукрепителен район, който е ограничен на север от нос Сиврибурун, а в южна посока достига нос Шабла, с обща дължина по бреговата линия 23,5 km (фиг. 1).



Фиг. 1. Местоположение на изследвания участък

Клифовите зони се редуват с широки пясъчни плажове, разположени пред Дуранкулашкото (Елатнишко), Езерецко и Шабленско езера с ширина достигаща 40,0–50,0 m, намаляваща в преходните зони до 8,0–10,0 m и почти изчезващи пред носовите форми.



Фиг. 2. Изглед към северния край на участъка

Плажът е изграден от пясък със среден диаметър 0,34–0,30 mm, при съдържание на карбонати 70%. При носовите форми това съдържание е 100%. Общата дължина на плажовете в района е 16,0 km, със средна ширина 17,5 m и обща плажна площ 280 000 m², в която се включва активна и тилова плажна зона. Основният състав на плажа пред езерата е детрит, с единични зърна кварц, магнетит, лимонит, манган, на места пироксен и хематит. Брегът е изграден от лъос и лъосовидни глини. Литоложкият състав и взаимодействието на лъоса с хидросферата имат определящо значение за инженерно-геоложките му свойства и интензивността на протичащите в бреговата зона процеси.

Участъкът между нос Поста и нос Крапец представлява активно рушащ се клифов бряг с височина 10,0–15,0 m. Общата дължина на бреговата ивица пред с. Крапец е $L = 6250,0$ m в т.ч. – от северната граница на землището до нос Поста – 650,0 m; от нос Крапец до нос Поста – до нос Крапец и от нос Крапец до южната землищната граница на селото. Бреговата ивица на с. Крапец е силно засегната от протичащите негативни процеси.

В границите на брегоукрепителния участък се наблюдава голямо разнообразие от негативни геодинамични процеси в това число: физическо изветряне, площна ерозия, суфозия, размиване, абразия, пропадъчност, срутищни процеси и микросвлачища. Около водната линия се разкрива коренната скала. На места съществува тесен плаж. Пред носовете има мидени черупки със значителни натрупвания през определени периоди от време.

Геолого-литоложките разновидности, които изграждат клифовия бряг, са представени главно от кватернерни глини, за подложка на които служат сарматските органични варовици с почти хоризонтален пласторед.

Повърхностният пласт на терена на сушата е почвен слой с мощност 0,80 до 0,90 m, на места до 1,20 m. Под него заляга жълта до светлокафява глина. Мощността ѝ е от 5,0 m до 10,0 m. Под тях залягат тъмнокафявите глини, често с дребни варови-

кови включения, най-често на дълбочина от няколко метра до 10,0 m. Като преходен пласт между варовиците и глинестия комплекс се явява червенокафявата глина също често с варовикови включения.

Наклонът на подводния брегови склон е от 0,2 до 0,02. Непосредствено пред приурезовата зона се простира подводен бенч с почти хоризонтално дъно. Съвременната абразионна тераса е на дълбочина 2,0–3,0 m. Североизточно пред Крапецкия плаж е разположен подводен пясъчен вал. Той се дължи на отклоняване на надлъжно-бреговия наносен транспорт навътре към морето под влияние на нос Поста. Характерно за този участък е наличието на абразионно структурни тераси върху сарматски варовици. Абразионно структурно понижение се наблюдава в най-северната част на участъка.

Подводния брегови склон е изграден от скали, покрити в акумулационните участъци пред плажовете от кватернерни отложения. Основните скали са представени от горносарматски варовици и се разкриват на голяма площ. Покрити са с блокове, валуни и мидени черупки, а в негативните участъци – от пясъчни петна.

Средният пясък формира три тесни ивици с ширина, по-малка от 100,0 m непосредствено пред трите плажа. Карбонатното му съдържание е много високо – 83–99%, а среднотежестният му диаметър се изменя в граници 0,35–0,65 mm. Мощността му не надвишава 0,50 m.

Дребния пясък е разпространен пред плажовете до дълбочина 1,0–1,50 m. Карбонатното му съдържание е високо – 20–68%, а средният диаметър се изменя в граници от 0,12–0,28 mm. В отделни участъци мощността му е по-голяма от 1,5 m, но преобладават мощности от 0,4–1,2 m.

През осемдесетте години на двадесети век са изградени експериментални брегозащитни стени от стоманобетонни ”А” елементи (фиг. 3). Същите обхващат два участъка – южен с дължина $L = 375,0$ m и северен с дължина $L = 185,0$ m. В последващия период се наблюдава нарастване и стабилизиране на плажната ивица пред тях, като количеството на акумулирания материал се оценява на $7,80$ m³/m. В участъка пред изградените съоръжения до 5-та изобата не се наблюдават негативни изменения на подводния брегови склон. Северно от тях се наблюдава изнасяне на материали от дълбочина 2–3 m, където е и максималната скорост на абразия.



Фиг. 3. Изглед към изградената брегозащитна стена

Изградените брегоукрепителни съоръжения са адаптирани в околната среда и изпълняват брегозащитната си роля. Продължава динамиката на негативните процеси, като на места брегът е отстъпил с повече от 10,0 m за последните 10 години. Средната скорост на абразията е от 0,34 m до 1,43 m/m за различните периоди. Североизточно и южно от с. Крапец до 1993 г. инструментално е измерено максимално отстъпване на брега до 7,0 m за линеен метър за година. За периода след построяване на брегозащитните стени не са извършвани ремонтно-възстановителни работи, но до 1994 г. не са констатирани нарушения в тяхната конструкция. В северната част на участъка на юг от нос Поста до началото на брегоукрепителната стена конфигурацията на брега се оформя от две дъги, отворени на изток. Максималните изменения и отстъпване на брега са на около 200 m след носа и на 30–50 m северно от съоръжението.

3. Изходни данни

При изследванията са ползвани редица архивни материали и резултати от предишни изследвания, като основният източник е „Брегоукрепване в района на с. Крапец, община Шабла – Анализ на съществуващото положение I-ви етап – Оценка на състоянието на бреговата зона и изградените съоръжения“ изготвен от „Геозащита“ ЕООД – Варна [2]. Последният доклад обхваща анализ на съществуващите в „Геозащита“ ЕООД – Варна, архивни материали за състоянието на геоложката среда, изградените брегоукрепителни съоръжения и протичащите геодинамични процеси в надводния и подводния брегови склон на крайбрежието на с. Крапец за периода 1982–2013 г. За изясняване на вълновия режим е приет подход, при който параметрите на вълнението в дълбоководието се определят въз основа на вълнообразуващите фактори: скорост на вятъра на височина 10 m над водното ниво, посока и продължителност на неговото действие, ветрови разгон. Това според нас е единствено възможният подход при липса на режимни наблюдения за вълнението в района.

Използвани са данни за ветровете от станции Шабла и Калиакра. Месеците от декември до април с най-голяма повтораемост е вятър с посока север – N (от 33,1% до 23,7%) с всички градации на скоростите, североизток – 23,77 до 19,0%, северозапад – 18,7% до 14,0%, изток – 12,6%. През месеците май–ноември с най-голяма повтораемост са ветровете от изток – 29,4% до 23,0%, североизток – 24,8% до 15,2% и север – 25,2% до 18,5%. Максималната скорост на вятъра в този период е 15 m/s. През месец август северните и северо-източни ветрове са с най-голяма повтораемост, но със скорост под 5,0 m/s.

Данните за параметрите в дълбоководието на вълноопасните посоки са показани в табл. 1.

Таблица 1

Посока	P	h [m]	h [m]	T [s]	L [m]	A°
N E	1/25	4,50	7,25	10,0	156	45°
	1/1	2,63	4,23	7,7	92	45°
E	1/25	4,05	6,52	9,6	144	89°
	1/1	2,25	3,62	7,5	88	89°
S E	1/25	3,06	4,93	9,0	126	135°
	1/1	2,00	3,22	7,0	70	135°

4. Моделиране на процесите в крайбрежната зона

Поради липса на данни от систематични дългосрочни измервания за режима на вълнението в българския участък на Черно море моделирането е извършено в рамките на къс времеви хоризонт (отделни оразмерителни щормове), като за целта е използвана системата SMC. Този подход отговаря и на съществуващите в момента нормативни изисквания, съгласно които при проектиране на морски ХТС изчисленията за вълнението се извършват за щормове с определена нормативна обезпеченост, като в рамките на тези щормове се работи с определени обезпечености в системата вълни.

Софтуерният продукт SMC (Sistema de Modelado Costero), изготвен в университета гр. Сантандер, Испания (E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Avda de los Castros, Santander, Spain) [4], [5], SMC, представлява графичен интерфейс, който интегрира серия от математически модели, чиято основна цел е осигуряване на числен инструмент в областта на бреговото и пристанищното инженерство. С негова помощ могат да се оперират различни математически модели за изследване на хидродинамичните и литодинамичните процеси в крайбрежната брегова зона в краткосрочен и дългосрочен план. Системата съдържа няколко фундаментални модула, които са взаимно свързани, а именно: трансформация на вълнението (OLUCA), вълнови течения (COPLA), транспорт на седиментите и морфоложки промени на дъното (MOPLA= OLUCA+COPLA+EROS).

Изследвани са щормове с повторемост 1 път на 1 година и един път на 25 години за 3 основни посоки на изходното вълнение в дълбоководието: североизток, изток и югоизток [1]. Изборът на трите оразмерителни посоки е продиктуван от изложението на изследвания участък, който е ориентиран почти изцяло в посока север-юг и от двете страни е ограничен от носовите Сиврибурун и Шабла (фиг. 1).

Предварителните изследвания показват, че не съществува промяна на посоката на изходното вълнение за условията на дълбоководието. По тази причина за посока североизток е възприет азимут на вълнението 45° , а за посока югоизток 135° , т.е. първоначалната посока при морската граница на изчислителната мрежа се запазва без изменение.

4. Резултати от моделирането

Изследвани са 5 варианта на конфигурация на брегозащитните съоръжения. Те се различават, както по броя на съоръженията, така и по тяхното планово очертание и разположение. При всеки от вариантите се търси максимална ефективност на брегозащита, като за целта се използват различни философии и подходи.

За всеки от тях заедно със съществуващото положение са проведени изчисления за 12 сценария (изчислителни случаи), като резултатите са представени в графичен вид, като се следва една и съща последователност, което дава възможност за съпоставимост на получените резултати. На отделни фигури са представени следните резултати в зоната на проектния участък:

- височини на вълните – чрез изолинии и фон с различен нюанс на синьото;
- вектори на вълнението – със стрелки са означени посоките и големината на вълновия лъч във възлите от изчислителната мрежа;
- вектори на вълновите течения – със стрелки са показани големината и посоката на вълновите течения;

- транспортираща способност на течението – с различни нюанси на кафявото и с вектори е представен потенциалният наносен транспорт;
- промяна на топографията на дъното – с различни цветове са обозначени зоните на акумулиране и изравяне на наносите. Поради малката мощност на дънните отложения резултатите следва да се приемат като качествени, показващи определени тенденции в литодинамичните процеси, като на практика изчислените дълбочини няма как да бъдат достигнати.

Въз основа на получените резултати от математическото моделиране могат да се направят следните по-важни изводи и препоръки:

Зоната пред проектния участък е открита по отношение на изходно вълнение от трите основни посоки севроизток, изток и югоизток. Поради специфичния контур на дъното се наблюдава формирането на локални зони на конвергенция и дивергенция, които променят своето местоположение в зависимост от параметрите на вълните, най-вече техния период и посока.

При всички изследвани варианти предложените съоръжения не оказват съществено влияние на вълновата картина и макроциркуляцията на вълновите течения извън зоната на обхват на самите съоръжения. По цялата дължина на участъка ясно се откроява зона на потенциалния надлъжнобрегови транспорт, която е оформена като една ивица успоредна на брега обхващаща, прибойната зона до дълбочини 2–3 m откъм страната на брега и 5–6 m откъм страната на морето. Поради неговата отдалеченост от брега и съоръженията този поток не се повлиява съществено от тях.

Не се наблюдава съществена разлика между вълновата картина и надлъжнобреговата циркулация на водните маси в зоната на съоръженията, породени от щормове с период на повторение един път на 25 г. и един път годишно. В някои случаи дори при щормове с ежегодна повтораемост се получават по-неблагоприятни условия, което се обяснява с обрушване на по-високите вълни по-навътре в морето, преди да достигнат зоната на съоръженията, които в общия случай не навлизат на дълбочини, по-големи от 2,5 m.

Носовите форми Поста и Крапец не са преграда за теченията при щормовото вълнение. В зоната южно от нос Поста при североизточно вълнение се получава отклоняване на течението в югоизточна посока, което се дължи на особеностите на дънния релеф и е причина за насочване на наносния поток навътре в морето, югоизточно от носа. Подобен ефект, макар и по-слабо изразен, се получава и при нос Крапец.

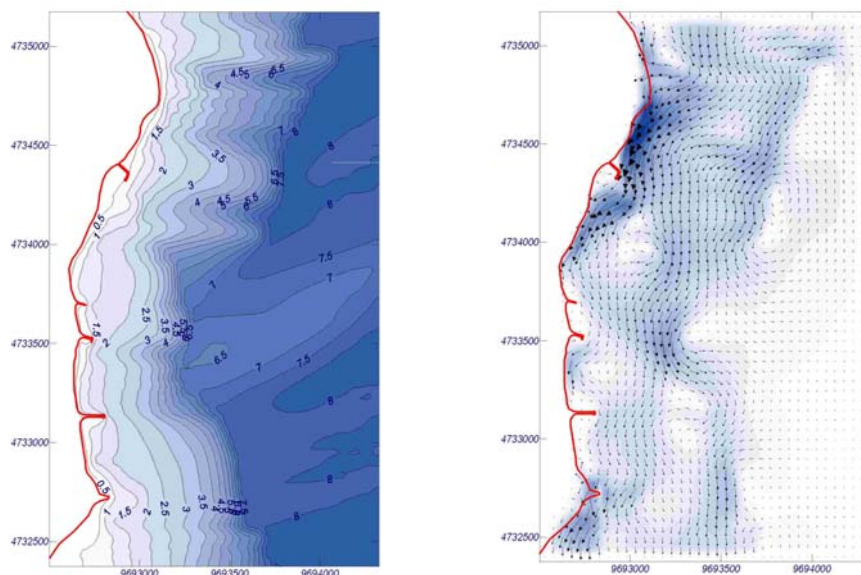
При източно вълнение най-неблагоприятно е положението при нос Поста и на юг от него, където вълнението достига най-голяма степен на концентрация. В тази зона се пораждат и най-силните вълнови течения, като част от тях се насочват на север, а друга част – на юг и техните максимални скорости достигат 0,8 m/s. Наличието на плитчина южно от нос Поста оказва благоприятно влияние за намаляване размера на надлъжно-бреговите течения в централната зоната на изследвания участък, където е разположен Граничарският плаж.

При изходно вълнение от югоизток В по-голямата част от проектния участък надлъжно-бреговият транспорт е ориентиран в посока юг–север. Северно от нос Крапец този поток се насочва близко до брега и се създават условия за известно подхранване на плажната ивица, доколкото такава съществува.

Изчислените стойности за дълбочините на ерозия и отлагане следва да се приемат само като качествена картина, показваща тенденции при поведението на седиментационно-ерозионните процеси, а не като абсолютни стойности поради малката мощност на пясъка, под който заляга скално дъно.

Сравнението на трансформацията на височините на вълните, вълновите течения и разпределението на наносите за различните варианти дава основание да бъдат направени следните изводи:

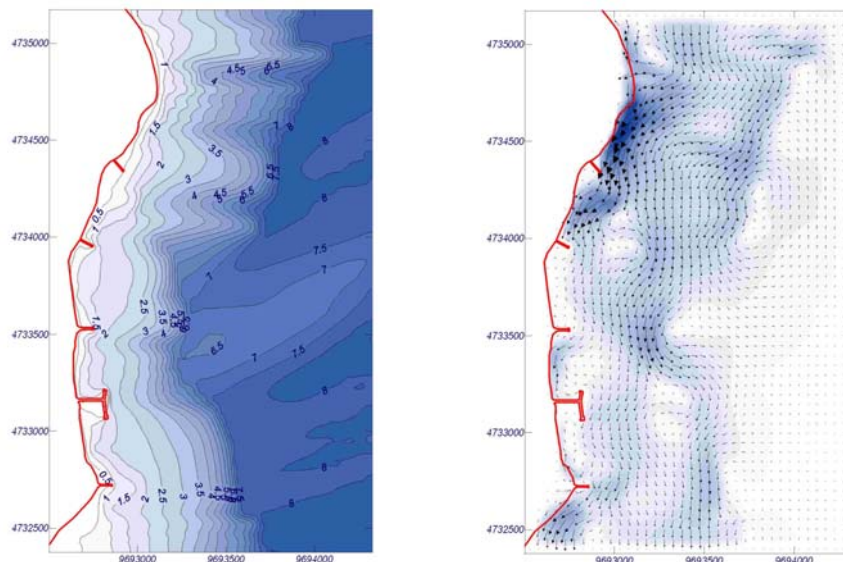
Вариант 1 представлява комбинация от няколко съоръжения, а именно Г-образна буна от насипен тип, две коси буни с малка дължина, буна 3 с дължина около 130,0 m, ориентирана почти нормално на брега и насипно съоръжение пред нос Крапец. При този вариант остава незащитена северната част на проектния участък, като по-сериозно влияние върху вълнението и вълновите течения оказва Г-буната, която защитава откъм южната си страна участък с дължина между 50 и 100 m в зависимост от посоката на изходното вълнение. Трите буни в средата на проектния участък оказват положително влияние, което се ограничава на разстояние до 50,0–60,0 m около всяко от тях в двете посоки. Насипното съоръжение пред нос Крапец има известен положителен ефект за участъка, разположен на север от него, но не може да се очаква то да предизвика значително отлагане на наносен материал.



Фиг. 4. Пример за изчислени височини на вълните и вълнови течения – Вариант 1

Вариант 2 наподобява много вариант 1 по местоположение на съоръженията. Той отново представлява комбинация между шест съоръжения, които в пространствено отношение обхващат същата дължина. Основната разлика с вариант 1 е замяната на Г-буната в северния край с права буна с дължина 80,0 m и изграждане на Т-буна с дължина на стеблото около 150,0 m ориентирана в посока запад–изток, която завършва с две крила, северно с дължина около 50 m и южно с дължина около 100 m. Замяната на насипното съоръжение пред нос Крапец с буна не оказва съществено влияние на хидро- и литодинамичната картина. При североизточно вълнение по цялата дължина на участъка надлъжно-бреговият транспорт е ориентиран в посока север–юг, като в пространството между буните 2–3, 3–4 и 4–5 се образуват локални вихрови зони. При останалите две посоки съответно се получава промяна на посоката на вълновите течения. При този вариант следва да се изтъкне позитивният ефект, който внася буна 2

(Т-буната). Тя работи ефективно и при трите посоки на изходното вълнение и създава добри условия за задържане на наноси от двете страни с дължина 80–120,0 m.

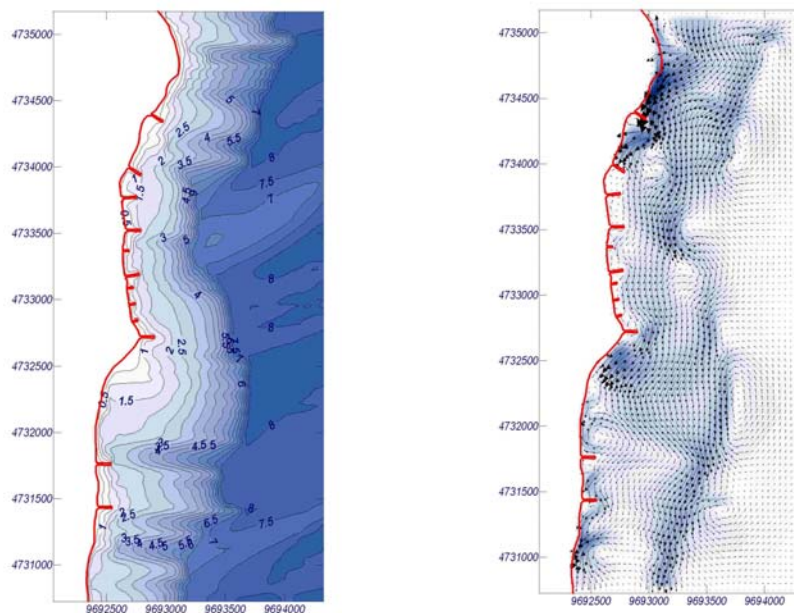


Фиг. 5. Пример за изчислени височини на вълните и вълнови течения – Вариант 2

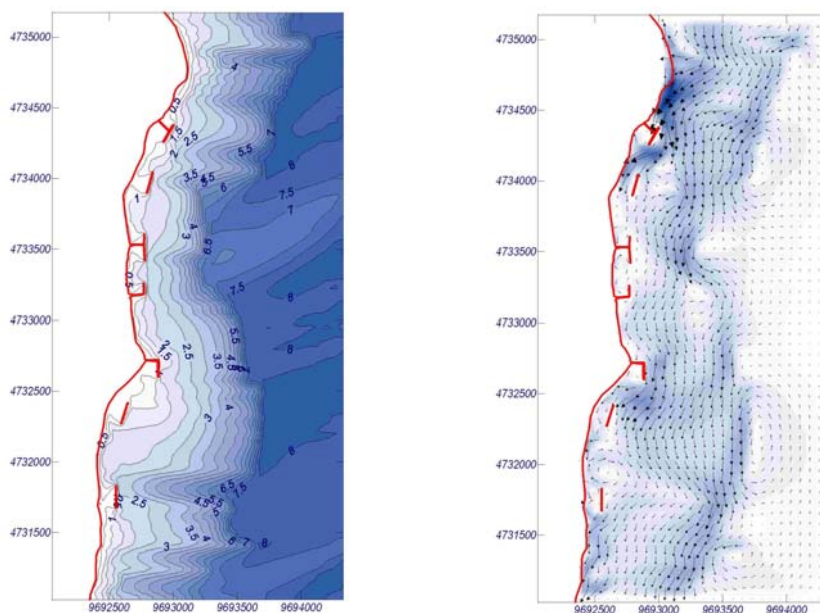
Вариант 3 включва пет броя буни с дължина 120,0 m, които покриват участъка обхванат по варианти 1 и 2. Между тях допълнително се разполагат още 3 къси буни с дължина 50,0 m северно от нос Крапец и една къса буна пред съществуващата брегозащитна стена. Освен това южно от нос Крапец са предвидени две буни с дължина 120,0 m като някои от съоръженията се различават по плановото си очертание. Поради сравнително малката дължина на съоръженията и при този вариант те имат локално влияние на вълнението само в близост до брега – най-много до изобата 2,0. Може да се очаква задържане на наноси само локално при всяко от съоръженията. Буни 1 и 2 имат също локален ефект по отношение задържане на наносен материал. Те създават локални вихри, които пренасочват част от водните маси и наносите, които се придвижват успоредно на брега към по-големите дълбочини. Считаме, че при този вариант се получава твърде голямо накъсване на бреговата ивица.

Вариант 4 предвижда изграждане на комбинация от буни (вълноломи) с Т- и Г-образно очертание в план в комбинация с дистанционна защита (тирета) с дължина 150,0 m. Вълнолом 4 в северната част на участъка създава локална защитена зона южно от него с дължина 100–120,0 m. Течението навлиза зад тирето южно от него, което би създало предпоставки за извличане на наносите, които евентуално биха могли да се задържат зад него. Вълноломи 2 и 3 в средата на проектния участък оказват положително влияние, което се ограничава на разстояние до 50,0–60,0 m около всяко от тях в двете посоки. По-съществено е влиянието на вълнолом 3, който е с Т-форма, която създава благоприятни условия по отношение на вълнението и теченията, особено в комбинация с вълнолом 2, като между тях се образува затворена защитена зона. Като цяло този вариант притежава редица предимства по отношение на предишните три, изразяващи се най-вече в създаване на относително затворени пространства непосредствено пред село Крапец, в които при липса на естествено подхранване би

могло да се добави известно количество пясък и по този начин да се формира изкуствен плаж. Двете тирета южно от нос Крапец са твърде отдалечени както от вълнолом 1, така и едно от друго и не може да се очаква сериозен ефект от тях.

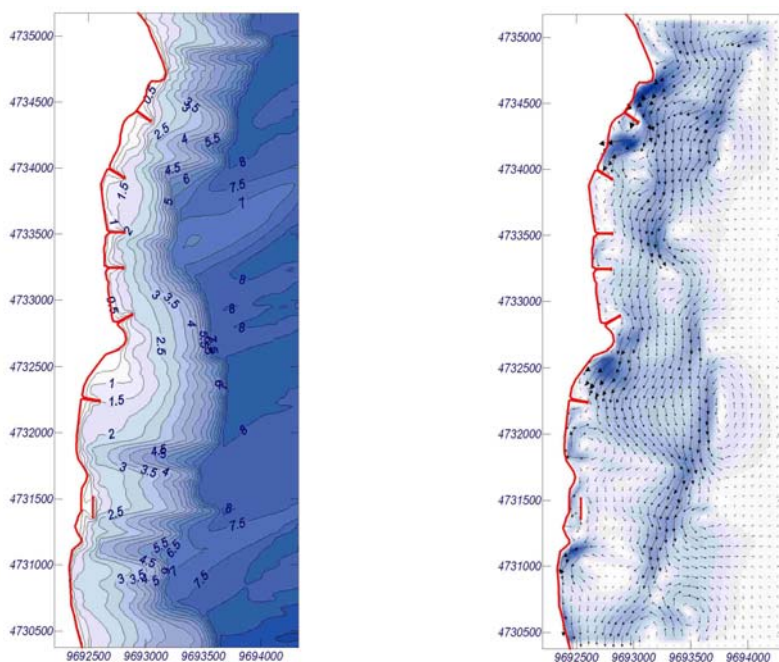


Фиг. 6. Пример за изчислени височини на вълните и вълнови течения – Вариант 3



Фиг. 7. Пример за изчислени височини на вълните и вълнови течения – Вариант 4

Вариант 5 в много отношения наподобява вариант 2, като някои от съоръженията се различават по плановото си очертание. При този вариант се предвижда изграждане на седем съоръжения, шест от които буни с дължина около 160,0 m и едно тире южно от нос Крапец. Като цяло този вариант може да се разглежда като класическа бунна защита със средна, до голяма дължина на буните. Буна 1 в северната част на участъка създава локална защитена зона южно от нея с дължина 100–120,0 m. Буни 2, 3 и 4 в средата на проектния участък оказват положително влияние, което се ограничава на разстояние до 50,0–60,0 m около всяко от тях в двете посоки. Насипните съоръжения и тирето между тях не допринасят съществено за значително подобряване на положението при южната граница на участъка.



Фиг. 8. Пример за изчислени височини на вълните и вълнови течения – Вариант 5

Измежду всички изследвани варианти могат да се открият като най-ефективни по отношение на тяхното влияние върху хидродинамичната картина и ефекта по отношение на защитата на брега чрез задържане на наноси в пространството между съоръженията варианти 2 и 4. Вариант 4 е за предпочитане, защото при него се създават полузатворени пространства в зоната между нос Поста и нос Крапец, които при нужда могат да бъдат запълнени с пясък или друг материал по изкуствен начин.

Предложената дължина на съоръженията е добре подбрана. Нейното увеличаване би довело до пренасочване на по-голямата част от надлъжнобреговия наносен транспорт към по-големите дълбочини и би предизвикало дефицит в участъка южно от нос Крапец.

Пред двата носа Поста и Крапец е удачно вместо изграждане на буни да бъдат изпълнени изкуствени насипни равнини (удължаване на носовите форми) навлизащи навътре в морето на около 50–60 m на кота +1,00. При щормови условия (повишаване

на водното ниво) съоръженията ще бъдат преливаеми, което налага адекватно укрепване на водния откос и връхната площадка срещу изравяне. Тези форми ще окажат благоприятен ефект по отношение на допълнително разчленяване на бреговата линия и обособяване на участъците от двете страни на носовете.

Ако няма специални причини за ситуационното разположение на тиретата южно от нос Крапец, препоръчваме най-южното тире да бъде транслирано в северна посока защото при сегашното му положение то стои изолирано от останалата част от схемата.

По-удачно би било в участъка южно от нос Крапец да се изгради пасивна защита, включваща вълногасяща стена от насипен тип или вълногасящи бетонови елементи, която да защити основата на клифа от абразионното действие на вълните. Поради липсата на значителен надлъжно-брегови транспорт, тук не може да се очаква отлагане на големи количества наноси след изграждане на активна вълнозащита. Още повече, че в тази зона на настоящия етап не съществува абсолютна необходимост от разширяване на съществуващия плаж.

Препоръчва се, ако бъде възприет за по-нататъшно проектиране вариант 4, той да бъде разделен на два етапа, включващи съответно участъците на север и на юг от нос Крапец. Като цяло районът е с дефицит на наноси, който с годините ще се задълбочава вследствие на човешката дейност и промените в климата и това следва също да бъде отчетено при избора на вариант.

ЛИТЕРАТУРА

1. Норми за натоварвания и въздействия на хидротехнически съоръжения от вълни, лед и плавателни съдове. София, Комитет по териториално и селищно устройство, СО Енергетика, 1988.
2. *Читарлиева, Т.* Брегоукрепване в района на с. Крапец, община Шабла – Анализ на съществуващото положение I-ви етап – Оценка на състоянието на бреговата зона и изградените съоръжения, изготвен от „Геозащита“ ЕООД, Варна, 2002.
3. Coastal Engineering Manual (CEM). EM-1110-2-1100 Part V Beach Fill Design.
4. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (G.I.O.C.), 2001. Universidad de Cantabria. Documento Temático. Regeneración de Playas. Manual de referencia del SMC.
5. Sistema de Modelado Costero (SMC). Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC), de la Universidad de Cantabria (UC) y Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente (MMA).

ASSESSMENT OF THE COASTAL HYDRODYNAMICS AND LYTHODYNAMICS IN THE AREA OF KRAPETS BASED ON NUMERICAL MODELING

N. Lissev¹, V. Kukurin², S. Tachev³, P. Todorov⁴

Keywords: *numerical modeling, marine hydrodynamics, lythodynamics, coast stabilization*

Research area: *marine hydrodynamics*

ABSTRACT

The article summarizes the results of a numerical study of the wave parameters, wave currents and bed lythodynamics in the area of Krapets. The main purpose of the study is to provide current data about the hydrodynamics and lythodynamics in the area, which will be used for the detailed design of coast stabilization measures.

The calculations have been carried out by application of the system for coastal modeling Sistema de Modelado Costero (SMC), developed by E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Avda de los Castros, Santander, Spain.

A comparison between several design variants is performed according to the obtained results, and in conclusion the most appropriate one is assessed and proposed for further development.

¹ Nikolay Lissev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dpt. "Hydraulics and Hydrology", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: lisev_fhe@uacg.acad.bg

² Vladimir Kukurin, Eng., Dpt. "Hydraulics and Hydrology", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: v_kukurin@yahoo.com

³ Sava Tachev, Dr. Eng., Dpt. "Hydraulics and Hydrology", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: sava371@abv.bg

⁴ Petar Todorov, Eng., Dpt. "Hydraulics and Hydrology", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: peter_v@gyuvetch.bg

