

Klimatek proiektua 2017-2018

Itsas mailaren gorakadaren osagai klimatikoek Euskal Autonomia Erkidegoko itsasbazterrean duten inpaktuaren ebaluazioa



Klimatek proiektua 2017-2018

Itsas mailaren gorakadaren osagai klimatikoek Euskal Autonomia Erkidegoko itsasbazterrean duten inpaktuaren ebaluazioa

©

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental

ARGITARATZAILEA:

Ihobe, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoa
Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitza Saila
Eusko Jaurlaritza

Urkixo zumarkalea 36, 6. solairua
48011 Bilba

info@ihobe.eus

www.ihobe.eus

www.ingurumena.eus

EDIZIOA:

2019ko uztaila

EDUKIA:

Dokumentu hau Ihobek egin du, Azti Tecnalía-ren laguntzaz .

Eramandako argazkia|argazkigintza: www.argazki.irekia.euskadi.eus - Mikel Arrazola

aurkibidea

01. Egikaritze-laburpena	05
02. Helburuak eta plangintza	08
03. Itsas mailaren serieen analisia	09
04. Bilboko itsas mailaren seriea	11
05. Donostia eta Bilbo: erribera-inguruneetako hiri-eremuak	14
5.1. Donostiako uholde-mapak	
5.2. Bilboko itsasadarreko uholde-mapak	
06. Zarautz: uhinen eraso bortitzaren mendeko hondartzen ondo-ondoan dauden hiri-eremuak	17
07. Bermeo: hiri-inguruneetako portu-eremuak	21
7.1. Bermeoko uholde-mapak	
7.2. Uhinaren garaiera Bermeoko dikean	
08. Ondorioak	26
09. Bibliografia	30
10. Terminoen glosarioa	31
11. Eranskinak	33

irudien eta taulen indizea

Irudiak

1. irudia. Uholdeetako kota maximoak, Bilboko eta Donostiako eremu pilotuetarako.....	06
2. irudia. Eskeman, Zarauzko eremu pilotuko kotak, Bilboko gaur egungo IBBMarekin (IBBMB).....	07
3. irudia. Eskeman, Bermeoko eremu pilotuko kotak, Bilboko gaur egungo IBBMarekin.....	07
4. irudia. Itsasoaren batez besteko mailaren eboluzioa, urteko eskalan, Brest-en (Frantzia, 1846-2017), A Coruña (1945-2017) eta Santanderren (1945-2005).....	09
5. irudia. Itsasoaren batez besteko mailaren eboluzioa, Estatuko Portuetako Kantauriko erregistroetan (Gijón, Santander, Bilbo) eta Pasaian.....	10
6. irudia. Bilboko mareako datu-seriea.....	12
7. irudia. Bilboko mareografoko datuen <i>Weibull</i> serie batekiko muturreko balioen analisia.....	12
8. irudia. 2100. urteari begira proiektatutako Urumearen estuarioko erribera-eremuetako uholde-mapa, Donostian.....	15
9. irudia. 2100. urterako Bilboko itsasadarreko erribera-eremuetako uholde-maparen xehetasuna.....	16
10. irudia. Uholde-kotaren adierazlearen ordu-seriearen muturreko balioen doikuntza, 2000-2017 aldirako.....	17
11. irudia. Zarauzko hondartzaren ortoargazkia.....	18
12. irudia. $Tr=50$ urteko balioa uhin bortitzak direla-eta Zarauzko itsasertzeko zerrendan uholde-arriskuaren mende dauden eremuak.....	19
13. irudia. $Tr=50$ urteko balioarekin eta gaur egungo IBBMarekin, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna.....	19
14. irudia. $Tr=50$ urteko balioarekin eta RCP4.5 agertokian 2100. urterako proiektatutako IBBMarekin, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna.....	20
15. irudia. $Tr=50$ urteko balioarekin eta RCP8.5 agertokian 2100. urterako proiektatutako IBBMarekin, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna.....	20
16. irudia. UK uholde-kotaren muturretako datuen analisia, Bermeoko bi neurketa-puntuetan, Bilboko portuko 0 balioarekiko.....	21
17. irudia. Uholde-kotaren banaketa (UK), metrotan (baldin $Tr = 50$ urte).....	22
18. irudia. Bermeoko itsasertzeko zerrendan uholdeen mende geratuko liratekeen eremuak, 2100. urterako egindako IBBMaren proiektazioan, $UK_{50\text{urte}}$ balioarekin.....	23
19. irudia. Bermeoko portuaren ingurunekeo batimetria eta kalkulu-profilak.....	24

Taulak

1. taula. Bilboko mareografoko datuetako muturreko balioen analisia (<i>Weibull</i> banaketa).....	13
2. taula. Goi-maiztasuneko eta behe-maiztasuneko marea astronomikoaren eta marea meteorologikoaren maila guztizkoan analizatutako 12 gertaldien ekarpena.....	13
3. taula. Uholde-kotak (UK), erriberako hiri-eremuetan analizatutako agertokietan.....	14
4. taula. Donostiako eraginpeko eremuak, analizatutako agertoki bakoitzean (1 irudia).....	15
5. taula. Eraginpeko eremuak, Bilboko itsasadarrean analizatutako agertokietan (1 irudia).....	16
6. taula. Uholde-kota (UK) eta eraginpeko eremuak, Zarautzen aztertutako agertoki bakoitzean.....	18
7. taula. Uholde-kota (UK) eta eraginpeko eremuak, Bermeon aztertutako agertoki bakoitzean.....	22
8. taula. Uhin-garaiera adierazgarria (Hs) dike-oinean, ekaitz oso txarrari lotua, errepikatze-denbora (Tr) 50 urtekoa uhinen eraso zuzenena jasotzen duten profiletan (P1-etik P11-ra, 19 irudia).....	25
9. taula. Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Bilboko eta Donostiako eremu pilotuetan.....	27
10. taula. Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Zarautzen.....	28
11. taula. Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Bermeon.....	29
12. taula. Mareografo bakoitzeko itsas mailaren denbora-serieei aplikatutako analisi estatistikoaren xehetasunak....	33
13. taula. Marea meteorologikoaren ondoriozko goragunea, Bilbon, Santanderren eta Gijónen.....	33
14. taula. Estatuko Portuetako datu-seriearen analisi harmonikoaren emaitzen laburpena: Gijón, Santander eta Bilbo.....	34
15. taula. Estatuko Portuetako datu-seriearen analisi harmonikoaren emaitzen laburpena: Brest, Newlyn, A Coruña eta Santander.....	34
16. taula. Batez bestekoaren mailaren aldea, erregistroaren hasieratik itsas mailaren serieen azken multzora arte, denbora-eboluzioaren eredu ezberdinen arabera.....	34
17. taula. Batez bestekoaren mailaren aldea, erregistroaren hasieratik bukaera arte, eta iragazitako marea-serieei eredu lineala aplikatutakoan gertatzen den malda (mm urtean^{-1}).....	35

01

Egikaritze-laburpena

Itsas maila marea astronomikoaren mende eta marea meteorologikoaren mende — haizea, presio atmosferikoa, uhinak, temperatura eta abar — dago. Osagai bakoitzak aldaketa osoan duen ekarpena ezagutzeak aukera ematen du klima-aldaketako agertoki berrietan itsas mailak izango duen bilakaera balioesteko. EAEko kostaldetik hurbilen dauden itsas mailen serieak hautatu eta prozesatu dira, Kantauri itsasoan eta Bizkaiko golkoan, eta teknika sorta bat aplikatu da hamar urteko eskalako eboluzio-ereduak lortzeko eta aldaketa-joerak ebaluatzeko.

Euskal Autonomia Erkidegorako serie esanguratsuena Estatuko Portuetako Bilboko mareografokoa da, zeren Pasaia seriea oraindik laburregia baita fidagarria izateko, ez baita aski Bizkaia- eta Gipuzkoaren artean diferentziak antzemateko. Frogatu da itsasoaren batez besteko mailaren gorakada-tasa (IBBM), 1992tik 2017ra, Bilbon ($2,83 \text{ mm/urtean}^{-1}$) Santanderren ($1,50 \text{ mm/urtean}^{-1}$) baino handiagoa dela, eta halaber Gijóngoa ($0,54 \text{ mm/urtean}^{-1}$) baino askoz ere handiagoa.

Behin IBBMren gaur egungo balioa lortuz gero, eta osagai meteorologikoaren muturretako balioak ere bai, klima-aldaketako agertoki batzuk planteatu dira, XXI. mende bukaera begirako proiektzioa egiteko. Zehazki, 2100. urterako IBBMren eboluzio-proiektzioak egin dira, eta aintzat hartu dira RCP4.5 eta RCP8.5 agertokiak, IPCC definituak (IPCC, AR5). Zehatzago esanda: IBBMren $+0,45 \text{ m}$ -ko igoera (RCP4.5 agertokiaren abaera) eta $+0,65 \text{ m}$ -ko igoera (RCP8.5 agertokiaren arabera) (Slangen et al., 2014; Toimil et al., 2016). Agertoki guztietan aurreikusi da 50 urteko errepikatze-denbora, uste baita gaurko egunetik XXI. mende bukaera arte behin edo gehiagotan

iritsiko den igoera-maila ordezkatzeko duela. IBBMren igoera-proiektzioak baino ez dira kontuan hartu, pentsatzen baita uhinak eta agitazioak apenas aldatuko direla 2100. urtearen zerumugan; izan ere, berriki egindako zenbait ikerketak (adibidez, Camus et al., 2017; Charles et al., 2012) erakusten dute Bizkaiko golkoan ez dela aldaketa nabarmenik izango arlo horietan.

Egoera ezberdinetan dauden eremu pilotu batzuk planteatu ziren. Uhinen eraso bortitzaren mendeko hondartzen ondo-ondoan dauden hiri-eremuak dira (Zarautz); erribera-inguruetan dauden hiri-eremuak (Ibaizabaleko estuarioa/Bilboko itsasadarra eta Urumearen ibilgua Donostian), eta hiri-inguruneetako portu-eremuak (Bermeo), zeinetan uhinek eta portuko agitazioak portuko egiturak eta itsa-sontziak hondatu baititzaizkete, eta alboko eremuak urez gainezkatu:

I. Erribera-inguruneetako hiri-eremuak: Donostia eta Bilbo

IBBMren igoerak intzidentzia altua du lurralde-plangintzan.

- Urumearen erribera** (Donostia). Baldintza hauetan, uholde-eremuak dira Loiola auzoko, Txomiñeneko eta Astigarragako Bidebitarteko poligonoko toki batzuk. Uholde-eremu horiek handitu egin daitezke 2100. urteko zerumugan, batez ere Loiola eta Martutene auzoetan (8 irudia). RCP4.5 agertokian, urak har ditzakeen eremua $15,4 \text{ ha}$ handituko litzateke, eta RCP8.5 agertokian $21,9 \text{ ha}$.

b. **Bilboko itsasadarrean** (9 irudia). Gaur egun, uholde-arriskurik handiena duten eremuak Altzaga eta Zorrotzaurre auzoak dira. Zerumugako 2100. urtean, erabilitako agertoki klimatikoak eta hurbilpen metodologikoa aintzat hartuta, uholde-eremuak Ibarzaharra-Sestaoraino iritsiko lirateke (120 bat ha) RCP4.5 agertokian, eta Lamiako auzoraino RCP8.5 agertokian (224 bat ha).

Ez Bilbon ez Donostian ez da kontuan hartu uhinen efektua (ikertutako eremuak marearteko ibai-ibilguetan daudenez, uhinetatik aski babestuta daude), eta uholdeetako kota maximo bat ezarri zen, uniforme ikerketaren eremu osoan (1 irudia).

II. Uhinen eraso bortitzaren mendeko hondartzen ondo-ondoan dauden hiri-eremuak: Zarautz

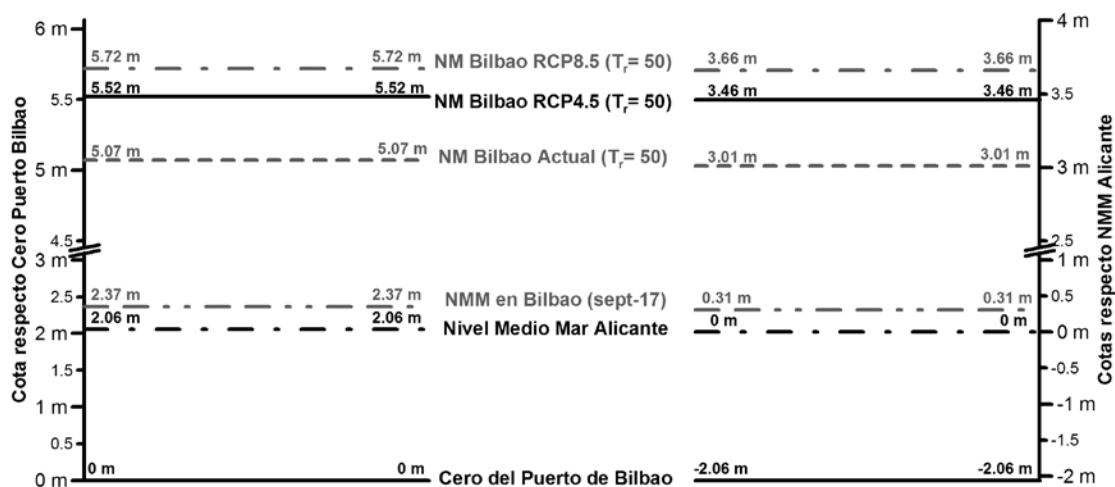
Se analizó la inundación por combinación de marea y eje Marearen eta uhin bortitzen eraginez sortutako uholdeak analizatu ziren. Kostaldera iristen diren uhinek aldakortasun espazial handia erakusten dute, dozenaka metroren eskala batean, bertako badiaren forma dela-eta, lurmuturrak direla-eta (San Anton mendia, adibidez), edo uhinetatik babesteko obrak direla-eta. Beraz, gaur egungo agertokian eta klima-aldaketaren ondoriozko IBBMren igoeraren agertokian gainezkako uholdeak sorraraziko dituzten uhinen baldintzak (garaiera, periodoa eta norabidea) eta marearen garaiera balioetsi dira (12 irudia eta 15 irudia). Oraingo IBBMarekin, Zarauzko pasealekuaren ondoko eremu zabal batzuk urpean geldituko lirateke uhin bortitzen eraginez. Aurreikusitako itsas mailaren igoeraren RCP4.5

agertokian (12 irudia eta 15 irudia, erdian) eta RCP8.5 agertokian (12 irudia eta 15 irudia, behean), eraginpeko eremuak ez dira asko zabaltzen (0,4 ha eta 0,7 ha, hurrenez hurren), baina ia itsas pasealeku guztia urpean geldituko litzateke, maila muturreko edo larri batekin.

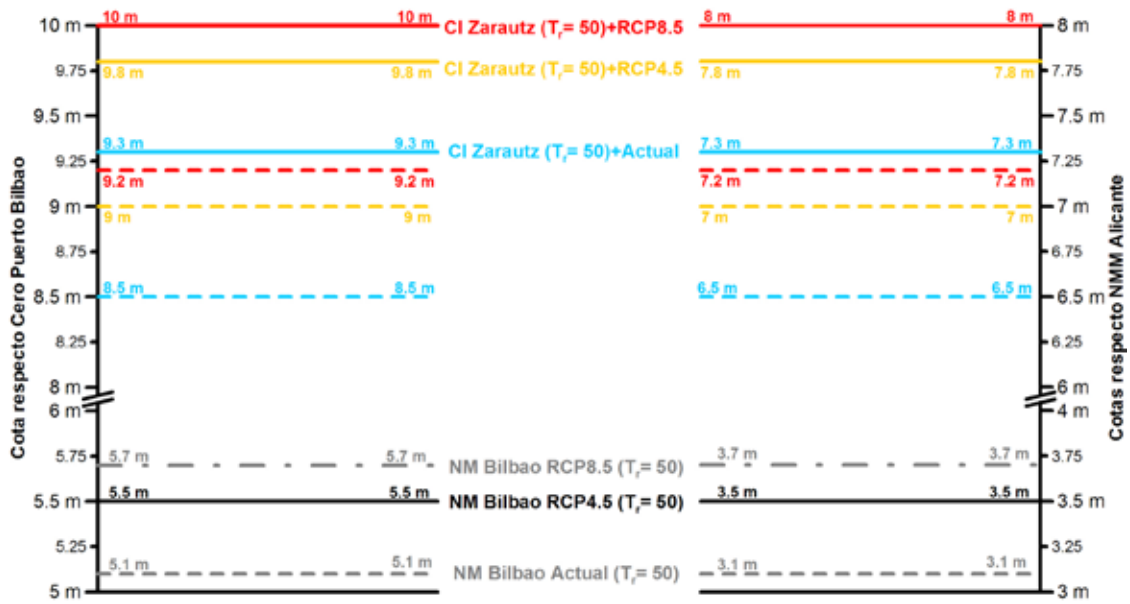
III. Hiri-inguruneetako portu-eremuak: Bermeo

Babesteko obrei eta portuko jardueri kalte egiteko arriskua duen portuko eremua, faktore hauen ondorioz: IBBM itsasoaren batez besteko mailaren gorakada, mareak (astronomikoa eta meteorologikoa) eta portu-erresonantzia (3 irudia). Portuari erasaten dioten uhinek sorrarazitako portu-erresonantziak aldakortasun espazial handia erakusten du, metro batzuen eskala batean, nahikoa babestuta dagoen eremu honetan.

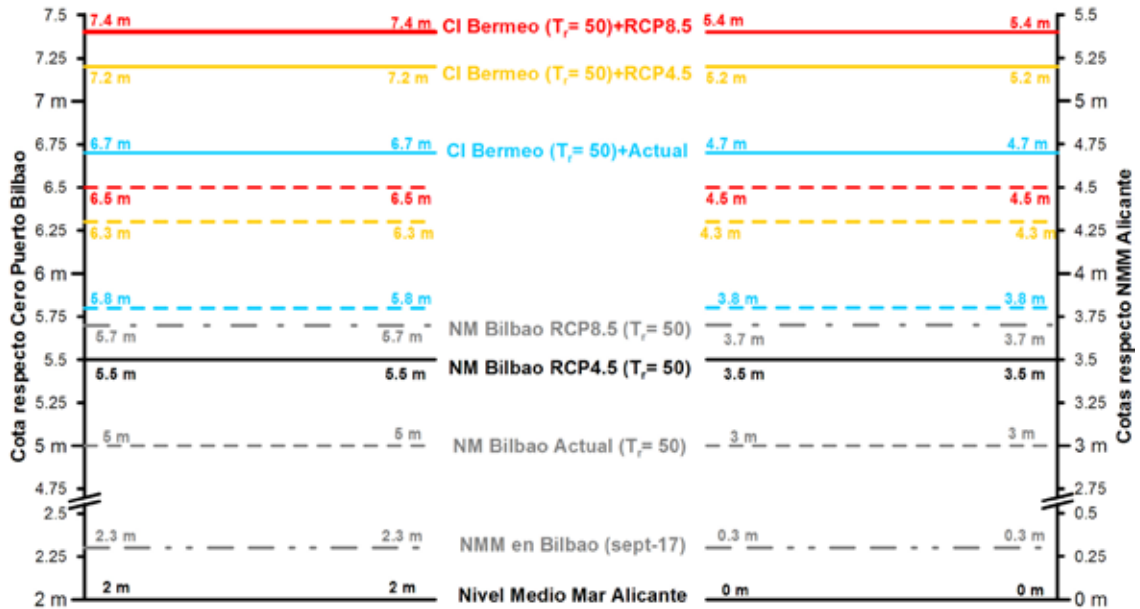
- XXI. mende bukaeran klima-aldaketaren ondorioz gertatuko den itsasoaren batez besteko mailaren gorakadak uholde-eremua handituko du Bermeen: 6,4 ha (RCP4.5) eta 7,4 ha (RCP8.5) artean.
- IBBMaren gorakadak portuko babes-dikeko blokeen neurrian izan dezakeen efektua ere analizatu da. Ezpondaren oinarekiko uhin erasotzaileak duen garaieraren kuboak markatzen du blokeen pisua, eta garaiera hori alda liteke diseinu-ekaitzean zehar itsas maila igotzen bada. Bestaldekik, batez besteko mailaren igoerak zingoa handituko lukeenez, horrek uhin-energiaren galera txikiagoa ekarriko luke eta, halaber, uhinaren garaieraren hazkunde txiki bat. Arlo horretan, emaitzek ez dute inpaktu esanguratsurik erakusten, portuko obretako babes-galeraren aldetik.



1. irudia. Uholdeetako kota maximoak, Bilboko eta Donostiako eremu pilotuetarako. Eskeman, Bilboko gaur egungo IBBMko kotak (IBBMB), 50 urteko errepikatze-denborakoak (T_r) marea astronomikoaren eta meteorologikoaren ondorioz, eta 2100. urterako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako itsas mailaren gorakadaren IBBMB. Ezkerreko ardatzean, Bilboko portuko 0 kotari dagozkion kotak ageri dira, eta eskuinekoan Alacanteko IBBMri dagozkion kotak (Instituto Geografiko Nacionalak 2008an egindako nibelazioa).



2. irudia. Eskeman, Zarauzko eremu pilotuko kotak, Bilboko gaur egungo IBBMarekin (IBBMB), $T_r = 50$ errepikatze-denborakoak, marea astronomikoaren eta meteorologikoaren ondorioz, eta 2100. urterako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako itsas mailaren gorakadaren IBBMB. Ezkerreko ardatzean, Bilboko portuko 0 kotari dagozkion kotak ageri dira, 2017ko irailean, eta eskuinekoan Alacanteko IBBMri dagozkion kotak (Instituto Geografiko Nazionalak 2008an egindako nibelazioa).



3. irudia. Eskeman, Bermeoko eremu pilotuko kotak, Bilboko gaur egungo IBBMarekin (IBBMB), $T_r = 50$ errepikatze-denborakoak, marea astronomikoaren eta meteorologikoaren ondorioz, eta 2100. urterako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako itsas mailaren gorakadaren IBBMB. Ezkerreko ardatzean, Bilboko portuko 0 kotari dagozkion kotak ageri dira, 2017ko irailean, eta eskuinekoan Alacanteko IBBMri dagozkion kotak (NMMA IGN-2008).

02

Helburuak eta plangintza

Proiektua: Hauek dira *KLIMPACT Itsas mailaren gorakadako osagai klimatikoek Euskal Autonomia Erkidegoko itsasbazterrean duten inpaktuaren ebaluazioak* dituen helburuak:

- Itsas mailaren osagaien zehaztapen handiko kuantifikazioa ($\sim 10^{-3}$ m, mm).
- Ezagutzea azken urteotan behatutako gorakadan osagai bakoitzak izan duen ekarpena
- Ebaluatzea haien inpaktua Euskal Autonomia Erkidegoko kostaldean.

Analisi horretarako, lan hauek egin ziren:

- Bizkaiko Golkoko itsas mailaren aldaketari buruz dagoen informazioa bildu.
- Datu-base bat lantzea eta haren tratamendua abiatzea.
- Denbora-serieen eboluzio-ereduak aplikatzea eta iragaztea. Itsas mailaren muturreko balioak kalkulatzeko.
- Uholde-modelizazioa egitea, Goraguneen Eredu Digitalean oinarrituta.
- Uholde-mapak egitea eta uhinen efektua kalkulatzeko kasu praktiko batean (Bermeoko dikea).

Arazoarekiko hurbilpen ezberdinak hartu dira kontuan, zeren inpaktua ere ezberdina izango baita kostaldean, batetik, bortxamendu klimatikoak nolakoak diren, eta, bestetik, kostaldeko eraginpeko zonaldearen ezaugarriak nolakoak diren. Horrenbestez, EAEko itsasbazter gehiena ordezkatzeko duten hiru eremu pilotu hartu dira kontuan:

- **Azpiegitura kritikoak.** Bermeoko portu-eremua hartu da adibidetzat, zeina babesteko obrei eta portuko jardueri kalte egiteko arriskua duen eremua baita, faktore hauen ondorioz: IBBM itsasoaren batez besteko mailaren gorakada, marea meteorologikoa (goi-maiztasuneko eta behekoa), portu-agitazioa eta portu-erresonantzia.
- **Hiri-eremuak.** Itsas mailaren gorakadak lurralde-plangintzan eragin handia duen bi eremu hartu dira kontuan: Bilboko itsasadarra eta Urumea ibaiaren erribera, Donostian. Bi eremuotan, goi-maiztasuneko marea meteorologikoaren efektuek eragin berezia dute. Kokaleku horietan, IBBMaren igoeraren ondorioz eta marea meteorologikoaren ondorioz urak har ditzakeen eremuak kartografiatu dira.
- **Itsas pasealekuak.** Uholde-mapak egin dira, Zarautzen itsas mailaren efektuak eta uhin bortitzen ondoriozko uholdeak konbinatuta. Horretarako, beharrezkoa da balioestea Zarauzko pasealekuan gaur egungo agertokian eta klima-aldaketaren ondoriozko IBBMren igoeraren agertokian gainezkako uholdeak sorraraziko dituzten uhinen baldintzak (garaiera, periodoa eta norabidea) eta marearen garaiera.

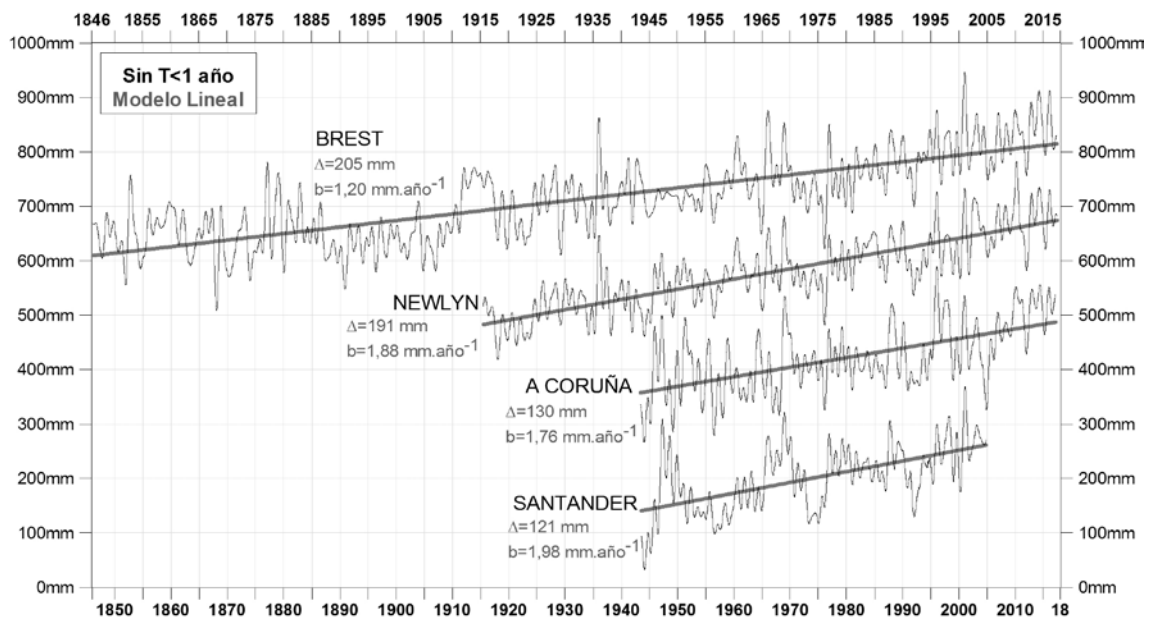
03

Itsas mailaren serieen analisia

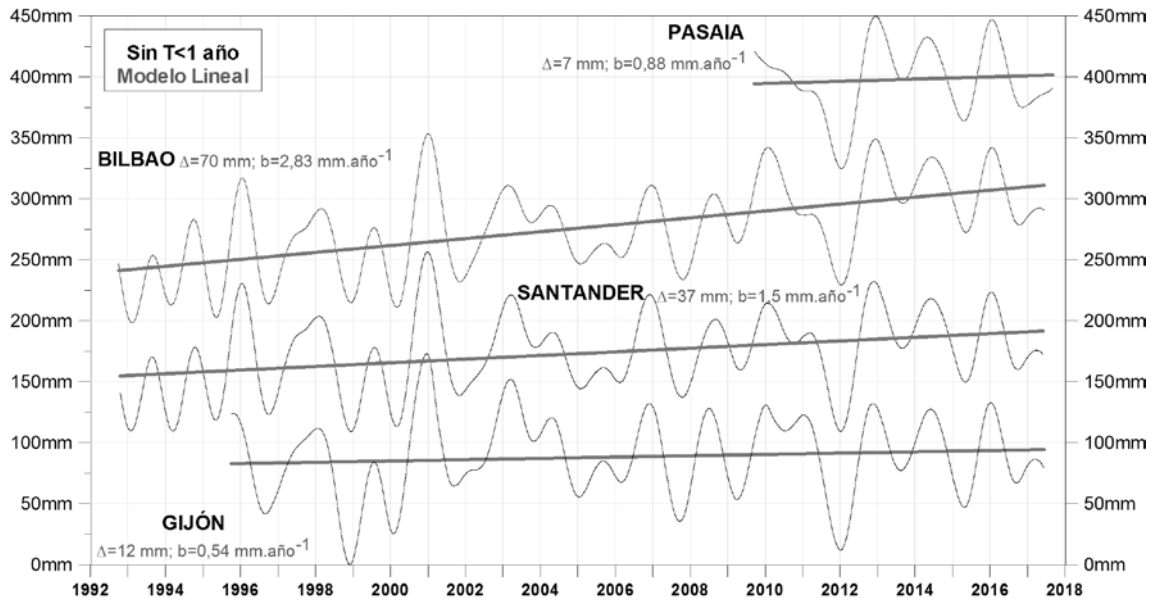
Bizkaiko Golkoko itsas maila analizatzeko erabilitako denbora-serieak 4 irudian eta 5 irudian ageri dira. ERANSKINETAN, serie horien analisisen emaitzak eta sortutako informazio osagarria ageri dira.

Para estudiar las tendencias del nivel del mar y detectar Itsas mailaren joerak aztertzeko eta bat-bateko aldaketak detektatzeko, mareografoetako itsas mailen serieak

modu berezian tratatu dira, serieetako hutsuneak betez eta iragaziz. Ikusi da datuak berreraikitze metodoa eraginkorra dela itsas mailaren datu-serie jarraituak lortzeko. Gero, hiru eboluzio- eta iragazte-metodo ezberdin aplikatu ziren: 1 - KZA, 2 - bat-bateko joera-aldaketaren eredua eta 3 - arrapala erako trantsizio-eredua. Eboluzio-ereduek gero eta hobeto funtzionatzen dute, emaitza estatistikoetan oinarriturik, zenbat eta iragazte-periodo



4. irudia. Itsasoaren batez besteko mailaren eboluzioa, urteko eskalan, Brest-en (Frantzia, 1846-2017), A Coruñan (1945-2017) eta Santanderren (1945-2005), eta serie bakoitzaren iraunaldian zehar itsasoaren batez besteko mailak izandako eboluzio- eta hazkunde-joera lineala. Δ : itsasoaren batez besteko mailaren hazkundera, erregistroaren hasieratik bukaeraraino; b : joera-lerroaren malda (edo itsasoaren batez besteko mailaren aldaketa-tasa).



5. irudia. Itsasoaren batez besteko mailaren eboluzioa, Estatuko Portuetako Kantauriko erregistroetan (Gijón, Santander, Bilbo) eta Pasaian eta serie bakoitzaren iraunaldian zehar itsasoaren batez besteko mailak izandako eboluzio- eta hazkunde-joera lineala. Δ : itsasoaren batez besteko mailaren hazkundea, erregistroaren hasieratik bukaeraraino; b : joera-lerroaren malda (edo itsasoaren batez besteko mailaren aldaketa-tasa).

luzeagoa izan; jokamolde onena 5 urtetik gorako periodoak eta 10 urtetik gorakoak iragazten direnean gertatzen dira, serie labur eta luzeetan, hurrenez hurren.

Oro har, korrelazio eta akatsen aldetik emaitza hoberenak eskaintzen dituen eboluzio-eredua bat-bateko joera-aldaketaren eredua da, arrapala erako trantsizio-ereduak ere antzeko emaitzak baditu ere. KZA da emaitza txarrenak dituen eredua, hau da, behaketetatik gehien aldentzen dena.

Zein eboluzio-metodo erabiltzen den eta iragazte-periodoa zein den data ezberdinetan bat-bateko joera-aldaketak ikusten badira ere, kasu gehienetan eta mareografo guztietan itsasoaren batez besteko mailaren joera positiboa antzematen da.

04

Bilboko itsas mailaren seriea

Egindako analisiek erakutsi zuten Pasaiaiko seriea berriegia zela hortik informazio fidagarria biltzeko; beraz, analisia Bilboko itsas mailaren datu-seriean funtsatu zen, zeinak Estatuko Portuetatik atera baitziren. Honela kalkulatu dira Bilboko itsas mailaren muturreko balioak:

- Datuak lortu dira Bilboko mareografoko 5 erregistro gordineko minutariotik.
- POT metodologia (*Peak Over Threshold*) erabili da, gaindikatzeko-atalase jakin batekin eta 6 orduko behingo erpinen arteko gutxieneko datu kopuru batekin.
- Balio maximoak gertatzeko probabilitatea balioetsi da.
- Aurretik lortutako probabilitateekiko doikuntzatik abiatuta hautaturiko banaketa estatistikaren parametroak balioetsi dira. Kasu honetan, Estatuko Portuek darabilten *Weibull* banaketa aukeratu da.
- Normalean erabiltzen diren errepikatze-denboretarako balioa kalkulatu da, eta konfiantza-tartea balioetsi da *Montecarlo* metodoaren araberrako simulazioaren bitartez.

Hau da erabili den *Weibull* banaketa:

$$F_W(x) = \text{Prob}[X < x] = 1 - e^{-\left[\frac{x-\alpha}{\beta}\right]^\gamma}$$

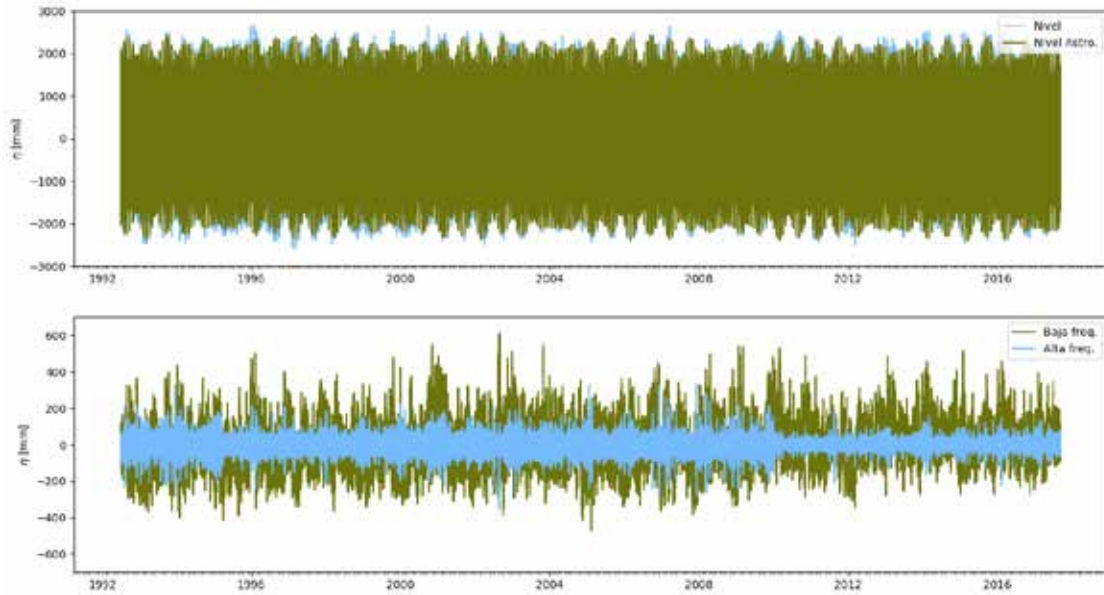
Non x baita loturiko probabilitatea kalkulatu nahi den uholde-adierazlearen balioa eta X baita urteko kota maximoa adierazten duen aldagai estatistikoa. (α , β , γ) parametroak dira kasu bakoitzean doitu behar diren parametroak. *Montecarlo* simulazioetarako, alderantzizko erlazioa erabiltzen da:

$$x = \alpha_{opt} + \beta_{opt} \left[\ln \left(\frac{1}{1-F} \right) \right]^{\frac{1}{\gamma_{opt}}}$$

zeinak aukera ematen baitu uholde-kotei buruzko datu-laginketa berri bat sortzeko, $[0,1]$ tartean zenbaki aleatorio uniformeen sortzailea batetik abiatuta.

Erregistrorik abiatuta, KLIMPACT I. fasean kalkulaturiko maila ertain aldakorrari (doikuntza lineala) dagokion serie bat lortu da. Serie horretan, marea astronomikoaren ekarpena (analisi harmonikoa) eta marea meteorologikoarena (hondarra) kalkulatu dira 6 irudia. Hondarra, halaber, bi serietan banatu da, bi orduko mozketa-periodoa duen iragazketa baten bidez. Hartara, aldakortasun handia (goi-maiztasuna) duen marea meteorologikoaren serie bat eta aldakortasun motela (behe-maiztasuna) duen hondar bat lortu dira. λ es el número medio de temporales por año presentes parametroa da datuetan orotara urtean dauden ekaitzen batez besteko kopurua (definitutako kota-atalasearekin eta erpinen arteko tartearrekin).

Goi-maiztasuneko marea meteorologikoaren seriean, aldaketa bat somatzen da 2009ko bukaeran. Aldaketa hori bat dator mareografoko sentsorearen kokalekua eta mota aldatu izanarekin. 2009aren aurreko goi-maiztasuneko seinalearen balioak nabarmen handiagoak dira; neurketa egin den kokalekuarekin izan dezake erlazioa. Alta bada, seriearen zati honetan alboetakoak baino datu puntuak askoz ere handiagoak ikusten dira, aztertutako prozesuekin koherenteak ez direnak. Hori dela eta, 2009 baino



6. irudia. Bilboko mareako datu-seriea. (Goian) Datu gordinak, marea astronomikoari eta mareari dagozkion datuak. (Behean) Behe-maiztasuneko eta goi-maiztasuneko marea meteorologikoa.

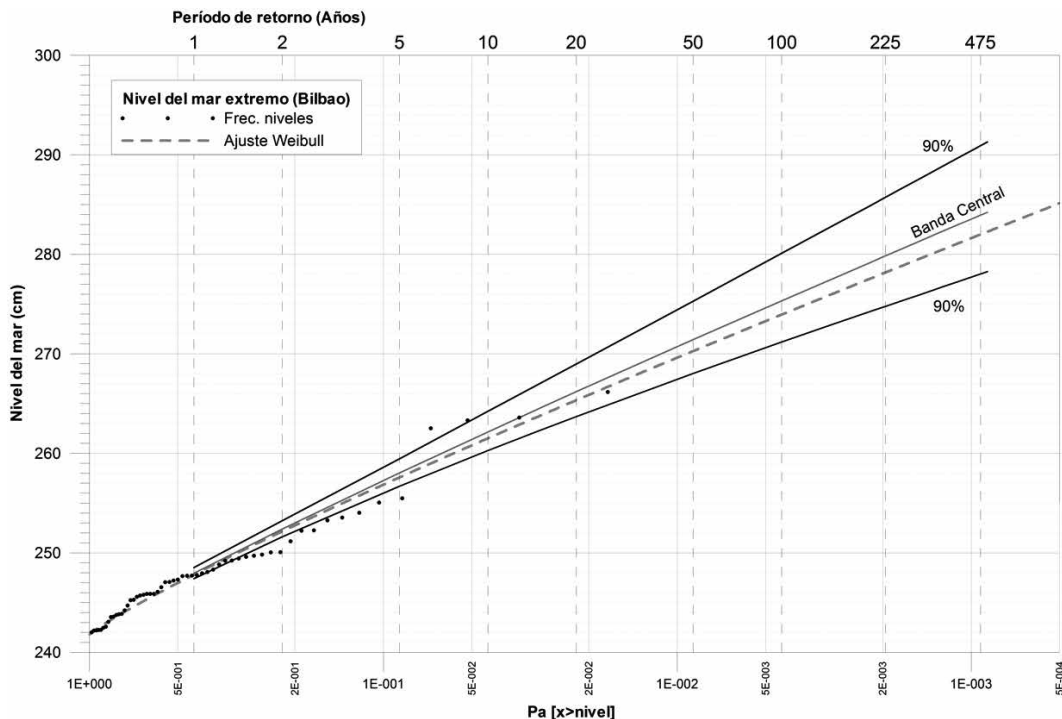
lehenagoko seriearen iragazketa osagarri bat egin da, 15 minutuko mozketa-periodo batekin.

Muturreko datuen *Weibull* doikuntza bat egin da (7 irudia eta 1 taula), egoera hauetan:

- Batez besteko itsasgora biziaren atalasea (η_{99}) = 2,07 m (4,4 m Bilbo gaur egungo batez besteko mailarekin).

- POT 2,42 m-ko kota batean (4,75 m Bilbo gaur egungo batez besteko mailarekin).
- 6 ordutik behera erpinen arteko gutxieneko distantzia (itsasgora independenteen inguruko erpinak izan daitezke).

Bilboko itsas maila muturrekoaren agertokiak, 50 urteko T bati loturiko probabilitatearekin, 270 cm-ko balioa du (1



7. irudia. Bilboko mareografoko datuen *Weibull* serie batekiko muturreko balioen analisisa.

Tr (urteak)	20	50	225	475	500
Bilboko IBBMarekiko kota (m)	2,65	2,70	2,78	2,82	2,83

1. taula. Bilboko mareografoko datuetako muturreko balioen analisia (*Weibull* banaketa). Letra lodiz markatzen da $Tr = 50$ urte balioari dagokion kota, uholde-analisan erabiliko dena.

taula). Maila hori iristeko, jatorri eta denbora-aldakortasun ezberdina duten hiru prozesuren lana dago:

- Marea astronomikoa: 240,6 cm (% 89,1, 270 cm-rekiko).
- Behe-aldakortasun/maiztasuneko marea meteorologikoa ($T > 2$ h), ustez jatorri barometrikiko/atmosferikoa duena: 26,2 cm (% 9,7).
- Goi-maiztasuneko marea meteorologikoa ($T < 2$ h), bortxamendu meteorologikoen uhinak iristearren ondorioz: 3,2 cm (% 1,2).

Hondar meteorologikoak osotara duen ekarpena % 18raino irits daiteke behatutako maximo batzuetan, hau da, ia 50 cm.

2 taulak erakusten ditu itsasgora maximo astronomikoaren gainetik (2,49 m) dauden 12 gertaldi independente, maila maximoetan eragiten duten prozesuen ekarpena balioesteko (marea astronomikoa eta meteorologikoa).

Estos procesos de alta frecuencia, al contrario que las otras dos componentes del nivel tendrán una variabilidad importante a lo largo del estuario del Nervión, con la presencia de máximos y mínimos de amplitud. Además, por la ubicación del punto de medida es muy probable que este proceso se esté midiendo cerca de un nodo (mínimas amplitudes) y sería la mayor fuente de incertidumbre para trasladar estas cotas a todo el estuario.

Gertaldi zk.	Urtea	Hila	Eguna	Ordua	Minutua	Segundoa	Maila guztia [mm]	Maila astronomikoa (mm)	Behe-maiztasuneko maila (mm)	Goi-maiztasuneko maila [mm]
1	1992	8	29	15	49	59	2555	2383,9	154	18
2	1992	12	24	4	54	59	2633	2200,7	357	76
3	1996	1	22	4	19	59	2662	2297,7	306,2	58
4	1996	2	20	4	14	59	2523	2298,7	147	77
5	1999	10	24	15	9	59	2535	1076,6	417	41
6	2000	9	28	15	29	59	2636	2188,4	340	108
7	2002	9	8	16	14	59	2498	2350,2	139	9
8	2007	3	20	3	49	59	2622	2341,2	147	137
9	2010	3	1	3	19	59	2522	2245,4	270	7
10	2014	2	1	4	9	59	2501	2275,4	193	32
11	2014	3	2	3	39	59	2500	2265,1	218	17
12	2014	3	3	4	24	59	2540	2244,7	278,2	17,5

2. taula. Goi-maiztasuneko eta behe-maiztasuneko marea astronomikoaren eta marea meteorologikoaren maila guztizkoan analizatutako 12 gertaldien ekarpena.

05

Donostia eta Bilbo: erribera-inguruneetako hiri-eremuak

Eremu pilotu bakoitzean, uholde-arriskua (gaur egungoa eta 2100. urteari begirakoa) ebaluatu da, eta arrisku-mapak sortu dira Geoeuskadiko¹ bereizmen handiko Goraguneen Eredu Digitalak (GED) erabiliz. Uholde-mapa horiek egiteko, luraren gainazal biluziaren gaineko GED ereduak erabili dira. Hartara, uholde-eremutzat erakusten dira berez uholde-kotaren gainetik leudekeen eraikinak, baina oinaetan urpean geratuko lirakekeenak.

Hurbilpenak *Chust*-ek eta beste batzuek (2010, 2011) azaldutako metodologiari jarraitzen dio, eta IPCCren azken txostenean (IPCC, 2013) deskribatu diren itsas mailaren gorakadaren azken agertokiak darabiltza (RCP *Representative Concentration Pathways*). Zehazki, kontuan hartu dira 2100. urterako IBBMren eboluzio-proiektzioak,

eta RCP4.5 eta RCP8.5 agertokiak, IPCCk definituak (IPCC, AR5). Bizkaiko golkoari dagozkion proiektzioetako balio hauek hartu dira kontuan: +0,45 m (RCP4.5) eta +0,65 m (RCP8.5) (Slangen *et al.*, 2014; Toimil *et al.*, 2016).

Bi eremu pilotu hauetan, gainera, ez dira kontuan hartu uhinen ondorioz itsasoaren batez besteko mailan sorturiko aldaketa-efektuak, ikerketaren eremu osoan maila-gorakada uniformearen efektua onetsi baita. Bi eremuak maiztasun altuko marea astronomiko eta marea meteorologikoaren ondorioz sorturiko uholdeen eraginpean daude. 3 taulan, gaur egungo eta klima-aldaketaren bi agertokietako uholde-eremuak zehazteko kotak erakusten dira.

Agertokia	UK Alacanteko IBBMarekiko	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko ²
Gaur egun	3,01 m	5,07 m
RCP4.5	3,46 m	5,52 m
RCP8.5	3,66 m	5,72 m

3. taula. Uholde-kotak (UK), erriberako hiri-eremuetan analizatutako agertokietan.

¹ ftp://ftp.geo.euskadi.eus/lidar/MDE_LIDAR_2016_ETRS89/MDT.j

² Azterlan honetan, Estatuko Portuetako Bilboko mareografoko datu-seriea erabili da itsas mailaren erreferentzia gisa.

5.1. Donostiako uholde-mapak

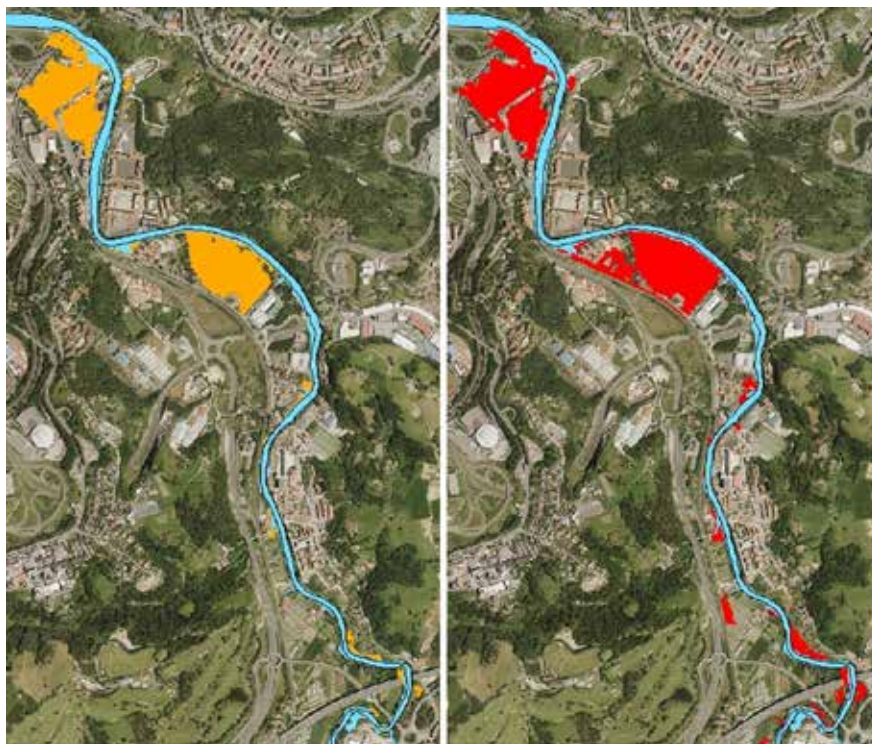
4 taulan, bi agertokietan Donostiarako aurreikusi diren eraginpeko eremuetako azalerak adierazten dira. RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako eremuaren hazkundera gaur egungo agertokiaren aldean dagoen diferentzia da. 8 irudian, bi agertoki klimatikoen arabera XXI. mende bukaeran urak hartuko lituzkeen eremuak adierazten dira (RCP4.5, +0,45 m, kolore laranja, eta RCP8.5, +0,65 m, kolore gorri). 2100. urterako, gaur egun uholde-eremu

direnak Urumearen estuariorantz zabaltzen dira, muturreko gertaldien baldintza beretan, bai RCP4.5 agertokian (8 irudiko kolore laranja) bai RCP8.5 agertokian (8 irudiko kolore gorria), baina batez ere RCP8.5 agertokian.

Baldintza horietan (errepikatze-denbora Tr50, uholde-kota +5,07 m Billboko portuko 0 kotarekiko, 1 irudia) gaur egun uholde-eremu direnak urdinez ageri dira, eta Loiola auzoko, Txomiñeneko eta Astigarragako Bidebitarteko poligonoko toki batzuk hartzen dituzte. Uholde-eremu horiek zabaldu egin litezke 2100. urteko zerumugan, batez ere Loiola eta Martutene auzoetan.

Agertokia	Eraginpeko eremua IBBMArekiko (ha)	Uholde-eremuaren hazkundera (ha)
Gaur egun	4,5	–
RCP4.5	19,9	15,4
RCP8.5	26,4	21,9

4. taula. Donostiako eraginpeko eremuak, analizatutako agertoki bakoitzean (1 irudia).



8. irudia. 2100. urteari begira proiektatutako Urumearen estuarioko erribera-eremuetako uholde-mapa, Donostian, RCP4.5 agertokian (ezkerrean) eta RCP8.5 agertokian (eskuinean). Lerro beltzak kostalderoa (NMMA IGN-2008) mugatzen du; urdinez, gaur egun goi-maiztasuneko marea astronomikoaren eta marea meteorologikoaren ondorioz uholde-eremu direnak ageri dira. Kolore laranja (ezkerrean) eta gorri (eskuinean), 2100. urteko zerumugan bi agertokietan uholde-eremu direnak ageri dira.

5.2. Bilboko itsasadarreko uholde-mapak

5 taulan, agertoki bakoitzean Bilboko itsasadarreko eraginpeko eremuen neurriak agertzen dira. RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako eremuaren hazkundera gaur egungo agertokiaren aldean dagoen diferentzia da. 9 irudian, bi agertoki klimatikoetan 2100. urtean leudekeen uholde-eremuak agertzen dira: RCP4.5 (+0,45 m) eta RCP8.5 (+0,65 m). Urdinez, gaur egungo uholde-eremuak agertzen dira (errepikatze-denbora Tr50, uholde-kota +5,07 m Bilboko portuko 0 kotarekiko, 1 irudia).

Gaur egungo uholde-eremuak, 50 urteko errepikatze-denborarekin eta muturreko gertaldietan, handitu egingo lirateke RCP4.5 agertokian (120 ha, 9 irudiko kolore laranja) eta, batez ere, RCP8.5 agertoki ezkorragoan (224 ha, 9 irudiko kolore gorria).

Eremu kalteberenak, uholdeetan, beheko auzoak dira; gaur egun: Alzaga eta Zorrotzaurre. Zerumugako 2100. urtean, erabilitako agertoki klimatikoak eta hurbilpen metodologikoa aintzat hartuta, uholde-eremuak Ibarzaharra-Sestaoraino iritsiko lirateke RCP4.5 agertokian, eta Lamiako auzoraino RCP8.5 agertokian.

Agertokia	Eraginpeko eremua IBBMAREkiko (ha)	Uholde-eremuaren hazkundera (ha)
Gaur egun	107	–
RCP4.5	227	120
RCP8.5	331	224

5. taula. Eraginpeko eremuak, Bilboko itsasadarrean analizatutako agertokietan (1 irudia).



9. irudia. 2100. urterako Bilboko itsasadarreko eribera-eremuetako uholde-maparen xehetasuna, RCP4.5 agertokian (ezkerrean) eta RCP8.5 agertokian (eskuinean). Lerro beltzak kostalderoa (NMMA IGN-2008) mugatzen du; urdinez, gaur egun goi-maiztasuneko marea astronomikoaren eta marea meteorologikoaren ondorioz uholde-eremu direnak ageri dira. Kolore laranja (ezkerrean) eta gorria (eskuinean), 2100. urteko zerumugan bi agertokietan uholde-eremu direnak ageri dira.

06

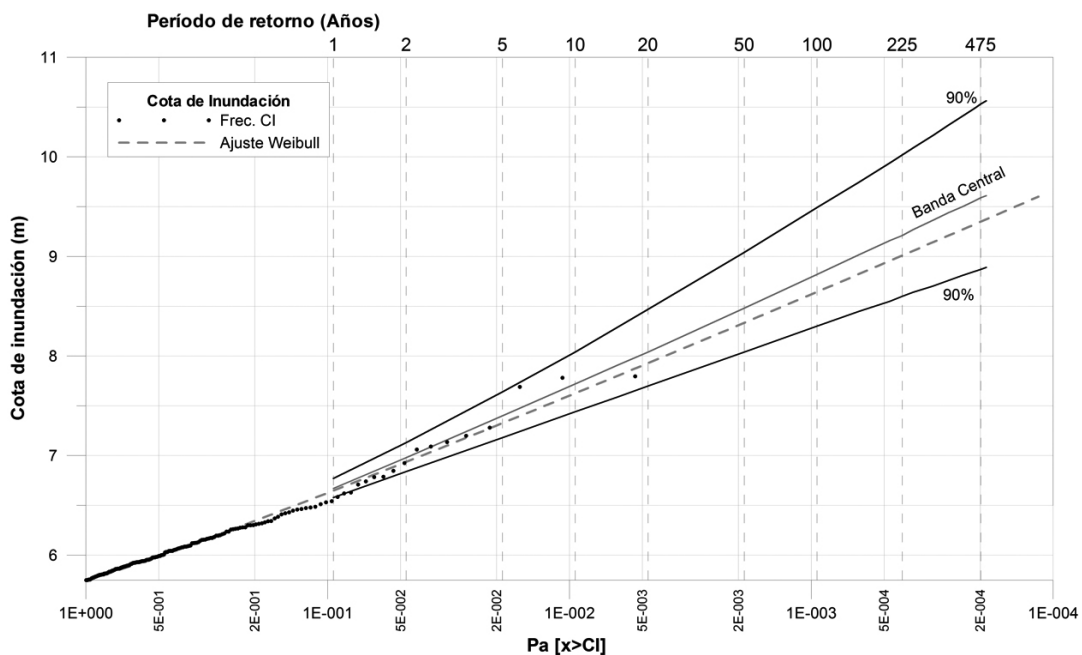
Zarautz: uhinen eraso bortitzaren mendeko hondartzen ondo-ondoan dauden hiri-eremuak

Zarautz hiri-eremu kaltebera da uholdeen aurrean, bai mareagatik (astronomikoa eta metereologikoa), baita uhinengatik ere. Uhinak direla eta, uholdeek aldakortasun espazial handia dute ikertzen ari garen eremuan.

2000tik 2017ra bitarteko UK uholde-kotaren adierazlearen ordu-seriea berreraiki da, zeina EAEko kostaldean itsas mailaren neurtetegi buruz eta itsas zabaleko uhinen ezaugarri buruz eskura dagoen serierik luzeena baita.

Badira uhinei buruzko denbora-serie luzeagoak, baina uhinen ezaugarriak beti zenbakizko simulazioen bitartez lortzen direnez gero, horrek akats nabarmenak uzten ditu muturreko gertaldiak ezaugarritzen direnean.

10 irudian ikus daitekeen moduan —irudiak itsasertzeko inpaktuaren adierazlearen muturreko balioen analisiaren emaitza erakusten du (Liria et al. 2013)—, 50 urteko errepikatze-denborari loturiko kota Bilboko portuko 0



10. irudia. Uholde-kotaren adierazlearen ordu-seriearen muturreko balioen doikuntza, 2000-2017 aldirako.

kotarekiko 8,5 m da (10 irudiko erdiko banda grisa), edo 6,44 m (diferentzia, Bilboko portuko 0 kota eta IBBMA IGN-2008= 2,06 m). Azterlan honetan, 6,44 m baino balio handixeago bat erabili da: 6,50 m.

Balio horrekin, UK uholde-kota balioetsi da, uhin bortitzen gertaldi batean eta $Tr = 50$ urteko uholde-adierazlearen araberako marea batean. Lortutako UKren banaketa (11 irudia) aldatu egiten da hondartzako mendebaldetik ekialderantz, 6,5 m eta 7,3 m bitartean, Alacanteko IBBMarekiko.

6 taulan, Zarauzko uholde-kotak agertzen dira, eta uholdeen eraginpeko eremuak, gaur egungo agertokian, RCP4.5 agertokian (+0,45 m) eta RCP8.5 agertokian (+0,65 m) ere.

Aintzat hartzen baditugu UK banaketa hori eta gaur egungo IBBM, ikusten da itsasertzeko zerrendako eremu urbanizatuko toki zabal batzuk uholdeen mende geratuko liratekeela marearen (astronomikoa eta metereologikoa) eta uhin bortitzen gertaldietan (12, irudian, koloreen eskalak erakusten ditu agertoki bakoitzean gaur egungo luraren aldean iritsiko litzatekeen ur-laminaren maila maximoak).

Uholde-arriskua, Zarautzen, handiagoa da mendebaldean, nahiz eta UK txikiagoa izan, zeren eta pasealekuak ere behera egiten baitu mendebalderantz, eta kota-jaitea ere handiagoa da UKren jaitea baino (2 m-ko jaitsiera pasealekuaren kotan, eta 0,8 m-ko aldakortasuna uholde-kotan).

Ikusten denez, gaur egungo IBBMarekin, (12 irudia, goian, eta 13 irudia, behean), itsasertzeko zerrendako eremu urbanizatu zabal batzuk uholdeen mende geldituko lirateke uhin bortitzekin. Itsas mailaren gorakada aurreikusten duten RCP4.5 agertokian (12 irudia eta 14 irudia) eta RCP8.5 agertokian (12 irudia eta 15 irudia), ia itsas pasealeku guztia uholdeen mende geldituko litzateke maila muturreko batean (kolore gorria) edo maila larrian (kolore laranja).

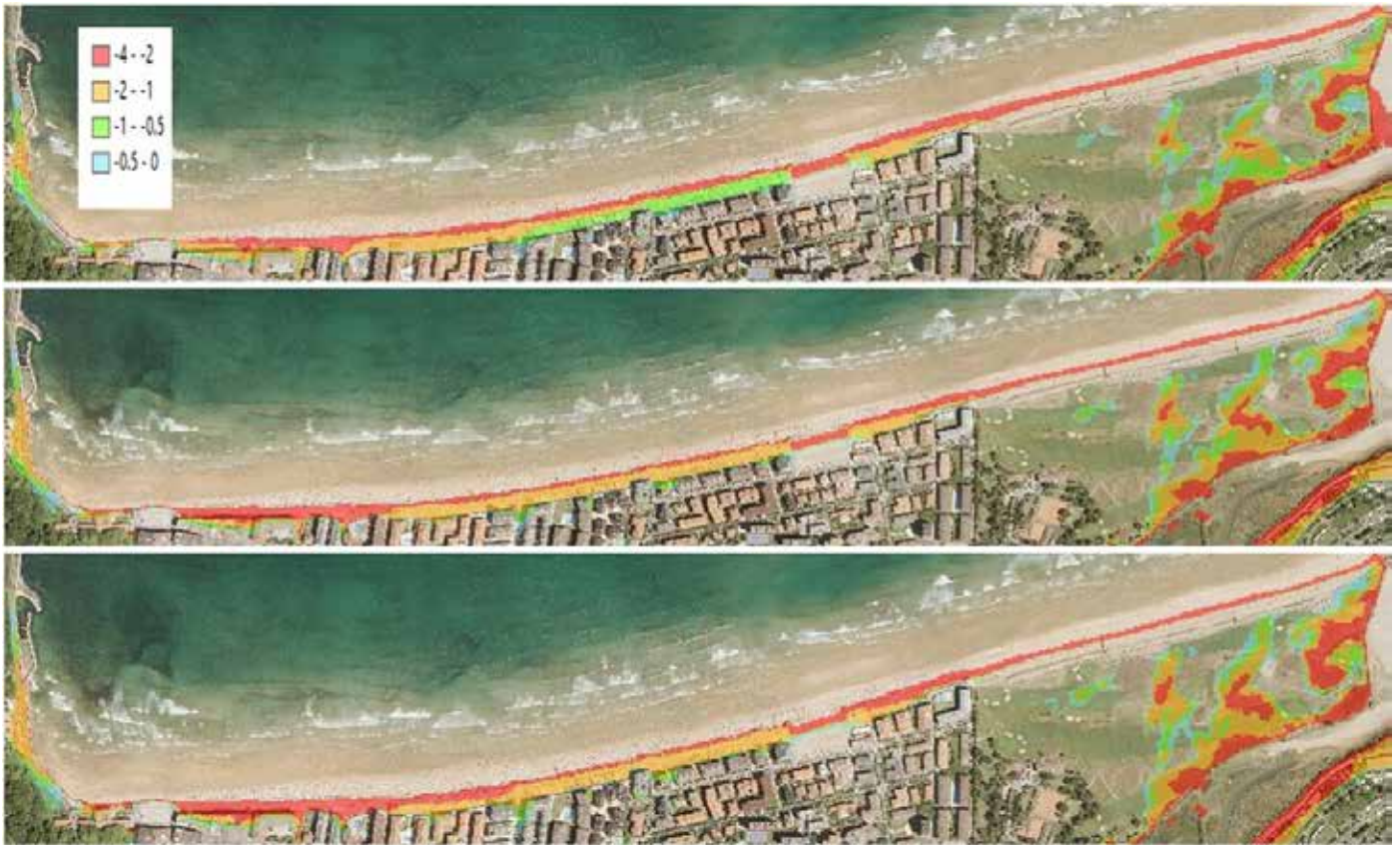
Azpimarratu behar da klima-aldaketarako aurreikuspen honek, praktikan, ekarriko lukeela gaur egun hiri-frontearen mendebaldean dagoen inpaktu-maila hiri-fronte guztira zabaltzea (muturreko gertaldiak daudenean, haltzarrietan eta merkataritza-lokaletan behin eta berriz errepikatzen diren kalte ez nolana hikoak); gainera, Zarautz eta Getaria lotzen dituen errepidean ere handituko litzateke uholde-inpaktua.



11. irudia. (Goian) Zarauzko hondartzaren ortoargazkia. (Behean) UKren banaketa (m) IBBMA IGN-2008 balioarekiko, uhin bortitzengatik ($Tr = 50$ urte), Zarauzko itsasertzeko zerrendan. Lerro beltzak kostalerra mugatzen du.

Agertokia	UK Alacanteko IBBMarekiko	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko	Eraginpeko eremua IBBMarekiko (ha)	Uholde-eremuaren hazkundera (ha)
Gaur egun	[6,5 m – 7,3 m]	[8,5 m – 9,3 m]	18,1	–
RCP4.5	[7 m – 7,8 m]	[9 m – 9,8 m]	18,5	0,4
RCP8.5	[7,2 m – 8 m]	[9,2 m – 10 m]	18,8	0,7

6. taula. Uholde-kota (UK) eta eraginpeko eremuak, Zarautzen aztertutako agertoki bakoitzean.



12. irudia. Tr=50 urteko balioko uhin bortitzak direla-eta Zarauzko itsasertzeko zerrendan uholde-arriskuaren mende dauden eremuak, gaur egungo IBBMarekin (goian), RCP4.5 agertokian 2100. urterako proiektatutako IBBMrekinen (erdian) eta RCP8.5 agertokian (behean). Koloreek agertokiotan uholdeen mende geratutako ur-laminaren garaiera-heinak adierazten dituzte (m).



13. irudia. Tr=50 urteko balioarekin eta **gaur egungo IBBMarekin**, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna. Koloreek eremu horietan uholdeen mende geratutako ur-laminaren garaiera-heinak adierazten dituzte (m). Ezkerrean, itsas pasealekuaren erdialde-mendebaldeko eremu bat ikusten da, eta eskuinaldean pasealekuaren mendebaldeko eremua (Munoa, Narros jauregia, portua eta Zarautz-Getaria errepidea).



14. irudia. Tr=50 urteko balioarekin eta **RCP4.5 agertokian 2100. urterako proiektatutako IBBMarekin**, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna. Koloreek eremu horietan uholdeen mende geratutako ur-laminaren garaiera-heinak adierazten dituzte (m). Ezkerrean, itsas pasealekuaren erdialde-mendebaldeko eremu bat ikusten da, eta eskuinaldean pasealekuaren mendebaldeko eremua (Munoa, Narros jauregia, portua eta Zarautz-Getaria errepidea).



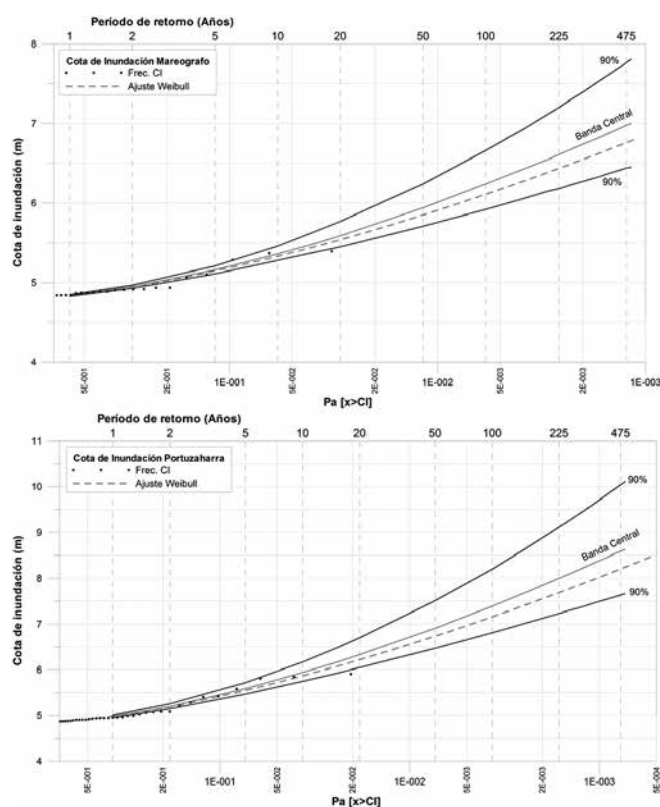
15. irudia. Tr=50 urteko balioarekin eta **RCP8.5 agertokian 2100. urterako proiektatutako IBBMarekin**, uhin bortitzen ondorioz Zarautzen uholde-arriskua duen eremuaren xehetasuna. Koloreek eremu horietan uholdeen mende geratutako ur-laminaren garaiera-heinak adierazten dituzte (m). Ezkerrean, itsas pasealekuaren erdialde-mendebaldeko eremu bat ikusten da, eta eskuinaldean pasealekuaren mendebaldeko eremua (Munoa, Narros jauregia, portua eta Zarautz-Getaria errepidea).

07

Bermeo: hiri-inguruneetako portu-eremuak

Bermeoko portua azpiegitura kritiko bat da, IBBMaren igoera dela, marea meteorologikoa dela, eta portu-erresonantzia dela, portu-jarduerak arriskua baitu. Kalkulatu da $Tr = 50$ urteko balioko UK, gaur egungo IBBMarekin, eta ur-laminak iritsitako kota maximoaren ordu-datuak

berreraiki dira, marearen eta portu-erresonantziaren arteko baturaren bitartez. 16 irudian, UKren muturretako balioen analisia ikusten da, bai mareografoa gaur egun dagoen kokalekuan, bai Portuzaharra inguruan. Mareografoaren kokalekuko jokaera bera duten eremuen $UK_{50 \text{ urte}} = 3,8$ m



16. irudia. UK uholde-kotaren muturretako datuen analisia, Bermeoko bi neurketa-puntuetan, Bilboko portuko 0 balioarekiko. Goian, kanpoko mareografoa; behean, Portu Zaharreko barneko mareografoa.

(m (IBBMA-IGN2008 eta 5,8 m Bilboko 0 balioarekiko), eta anplifikazioa gertatzen den eremuek $UK_{50 \text{ urte}} = 4,7 \text{ m}$ (IBBMA eta 6,7 m Bilboko 0 balioarekiko).

Laburbilduz, gaur egungo IBBMarekin, Bermeoko $UK_{50 \text{ urte}}$ en el puerto de Bermeo se sitúa entre 3,8 eta 4,7 m artekoa da. 7 taulan, $UK_{50 \text{ urte}}$ eta gaur egun, RCP4.5 agertokian eta RCP8.5 agertokian, uholdeen mende dauden eremuak ageri dira.

7.1. Bermeoko uholde-mapak

Ikusten da ezen gaur egungo IBBMarekin eta uhin bortitzengatiko ($Tr = 50 \text{ urte}$) eta portuko agitazioagatiko uholde-kota 3,8 m eta 4,7 m artekoa denean portuaren alboko eremuak uholdeen mende geratzen direla (urdinez Figura 17 irudian).

Agertokia	UK Alacanteko IBBMarekiko	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko	Eraginpeko eremua IBBMarekiko (ha)	Uholde-eremuaren hazkundera (ha)
Gaur egun	[3,8 m – 4,7 m]	[5,8 m – 6,7 m]	11,9	–
RCP4.5	[4,3 m – 5,2 m]	[6,3 m - 7,2 m]	18,3	6,4
RCP8.5	[4,5 m – 5,4 m]	[6,5 m - 7,4 m]	19,3	7,4

7. taula. Uholde-kota (UK) eta eraginpeko eremuak, Bermeen aztertutako agertoki bakoitzean.



17. irudia. Uholde-kotaren banaketa (UK), metrotan (baldin $Tr = 50 \text{ urte}$), Bermeen, marea eta portu-agitazioa direla-eta, IBBMA-IGN2008 balioarekiko eta UK horrekin uholdeen mendeko eremuak gaur egungo IBBMarekin (urdinez).

Baldin UK_{50 urte} balioari gehitzen badizkiogu 2100. urterako RCP4.5 agertokian proiektatutako IBBM (laranjaz) eta RCP8.5 agertokian proiektatutakoa (gorriz), 18 irudiko eremuak ateratzen dira.

Bermeo azpiegitura kritikoa duen eremu pilotu bat da, IBBMaren igoera dela, marea meteorologikoa dela, eta portu-erresonantzia dela, portu-babeserako eta portu-jardueretarako arriskua baitu. Gaur egungo baldintzetan Bermeon uholde-arriskua duten eremuak dira portua, Lamera parkea eta portu ondoko bizitegi-eremua; guztira, 11,9 ha (7 taula).

Emaitzetatik ondorioztatzen da Bermeoko uholde-arriskua lotuta dagoela gaur egungo portu-erresonantziaren baldintzekin, eta arriskuaren hazkundea —hots, uholdeen mende gera daitezkeen eremuen handitzea— nabarmena dela klima-aldaketaren agertokietan.

RCP4.5 agertokiaren kasuan, itsas mailaren gorakadaren ondorioz, hiri-eremuko 6,4 ha gehiago geldituko lirake uholdeen mende: gaur egun, 11,9 ha dira uholde-arriskuaren mende daudenak, eta XXI. mende bukaeran 18,3 ha izango lirake, 7 taula.

RCP8.5 agertokia betetzen bada, itsas mailaren gorakadaren ondorioz, 7,4 ha gehiago geldituko lirake uholdeen mende: gaur egun, 11,9 ha dira uholde-arriskuaren mende daudenak, eta XXI. mende bukaeran 19,3 ha izango lirake, 7 taula.

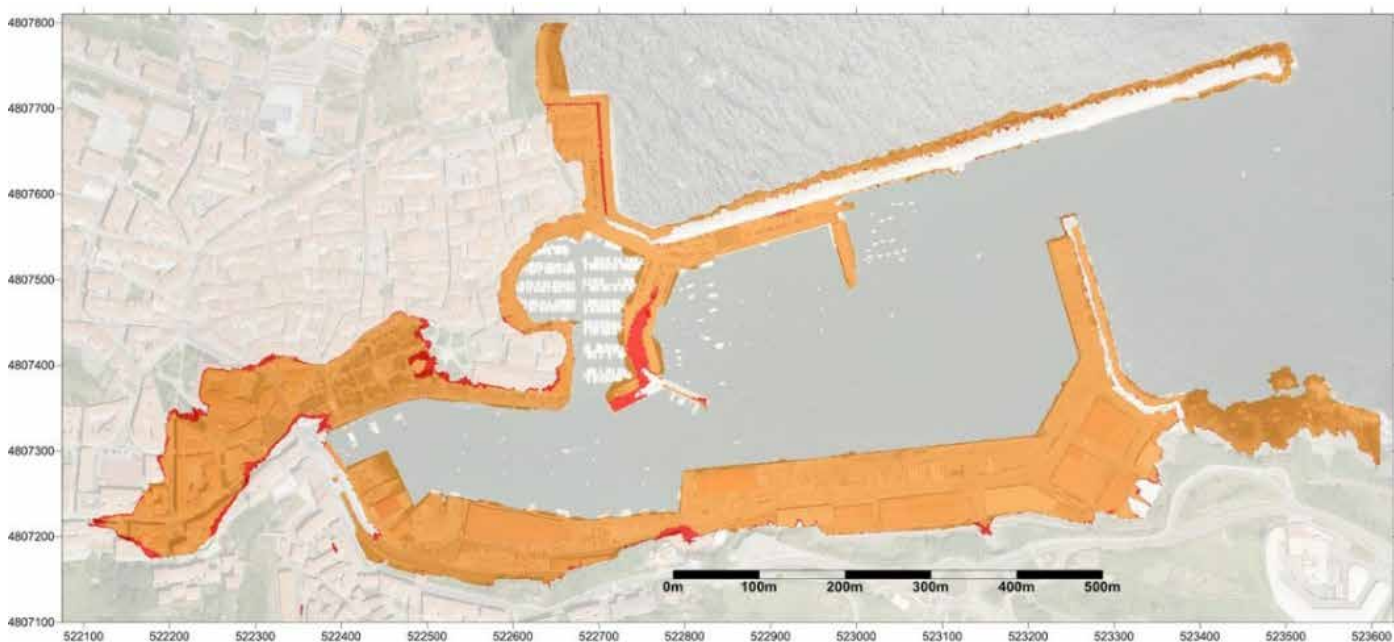
7.2. Uhinaren garaiera Bermeoko dikean

19 irudiak uhinen topobatimetria eta hedapeneko profilak erakusten ditu.

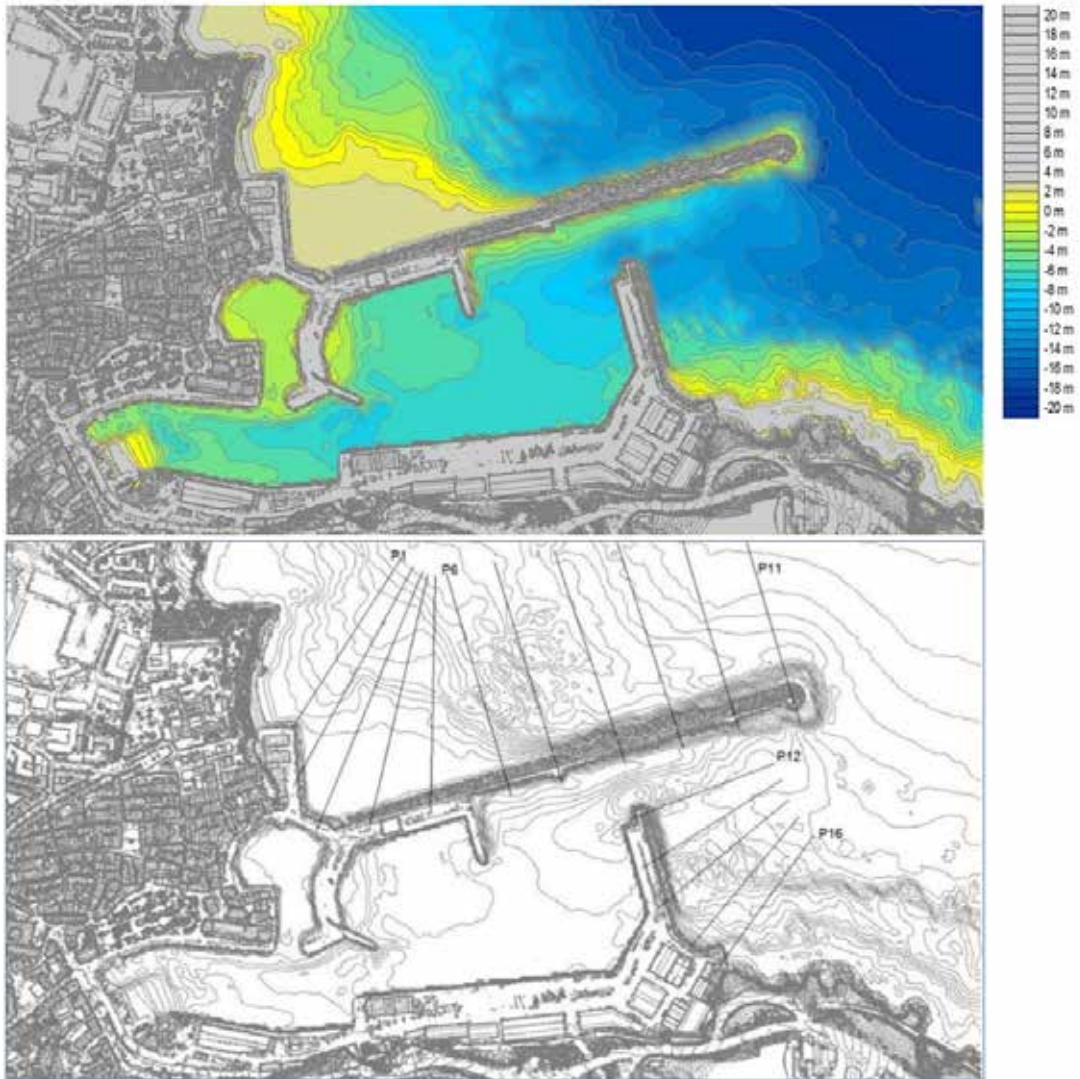
Uhin eraso zuzenenaren eraginpeko eremuan, dikearen oinean uhinek duten hedapenaren emaitzak eta garaiera-aldaketa esanguratsuak 8 taulan biltzen dira (gaur egungoa, RCP4.5 eta RCP8.5). Halaber erakusten da babes-blokeen pisuaren defizita uhinen eraso zuzenena jasotzen duten eremuetako profiletarako, Iribarren-en hurbilpenaren bidez kalkulatu (1965), agertoki bakoitzean.

1-11 profilak (3,8 m \leq Hs \leq 6,8 m) portuko ipar-ingurunean daude, eta zuzenean jasotzen dute uhinen eraso. Profil hauetan, bi eremu bereizten dira:

- **1 eremua:** 1-7 profilak azaleko harlauza baten gainean daude, zeinak kasu guztietan mugatzen baitu leherketako uhin-garaiera. Kasu hauetan, sakontasunak mugatzen du baldintza horietan dikera irits daitezkeen uhin-garaiera maximoa, eta 1-6 profiletan *setup* efektuak aldatzen du sakontasun hori (batez besteko mailaren igoera, leherketako uhinen ondorioz). Tarte honetan, uhinen hazkundea 0,5 m-raino irits daiteke, agertoki ezkorrenean (RCP 8.5).



18. irudia. Bermeoko itsasertzeko zerrendan uholdeen mende geratuko lirakeen eremuak, 2100. urterako egindako IBBMaren proiektioan, UK_{50 urte} balioarekin, RCP4.5 agertokian (laranjaz) eta RCP8.5 agertokian (gorriz).



19. irudia. Bermeoko portuaren inguruneko batimetria eta kalkulu-profilak. Isobatak 1 m bakoitzeko.

— **2 eremua:** 8. profiletik aurrera, erabateko aldaketa bat dago batimetrian (dike-oineko sakontasuna handitzea): uhinek lehertu gabe jotzen dute, eta sakonera murrizteko prozesua baino ez da gertatzen. Kasu hauetan, ekaitzaren nolakotasunak mugatzen du baldintza horietan dikera irits daitekeen uhinaren garaiera, eta balioak ez du garaiera maximoa erakusten, itsas egoera horren Hs-a baizik (uhin-garaiera adierazgarria). Eremu honetan, klima-aldaketaren ondorioz gertaturiko tokiko sakontasunaren handitzeak

murriztearen kontrako prozesua sorraraziko duenez, uhinaren garaiera jaitsi egingo da (oso balio txikian: 0,1 m, hor nonbait).

Emaitzetatik ondorioztatzen da itsas mailaren gorakadak babes-dikean joko duen uhin-garaieraren handitzea ekarriko duela: 0,4 m (RCP4.5) eta 0,5 m (RCP8.5) artean, uhinen eraso zuzenena jasotzen duten eremuetan. Blokeen pisuari dagokionez, oraingo blokearen % 16ko defizit maximoa balioetsi liteke.

Profila	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Hs egun	4,5	3,9	3,8	3,9	4,2	4,1	6,2	5,9	4,9	6,1	6,8
Hs RCP 4.5	4,8	4,3	4,1	4,3	4,6	4,5	6,5	5,9	5,8	6,1	6,8
ΔHs (RCP4.5 – egun)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0	-0,1	0	0
Blokeen pisu- defizita RCP4.5	6%	11%	8%	11%	10%	10%	3%	0%	-1%	0%	0%
Hs RCP 8.5	5,0	4,4	4,3	4,4	4,7	4,6	6,6	5,8	5,8	6,0	6,9
ΔHs (RCP8.5 – egun)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	-0,1	-0,1	-0,1	0
Blokeen pisu- defizita RCP8.5	11%	15%	16%	15%	13%	14%	4%	-1%	-1%	-1%	0%

8. taula. Uhin-garaiera adierazgarria (Hs) dike-oinean, ekaitz oso txarrari lotua, errepikatze-denbora (Tr) 50 urtekoa uhinen eraso zuzenena jasotzen duten profiletan (P1-etik P11-ra, 19 irudia).

Ondorioak

Proiektua: *Hauek dira KLIMPACT Itsas mailaren gorakadako osagai klimatikoek Euskal Autonomia Erkidegoko itsasbazterrean duten inpaktuaren ebaluazioak* dituen helburuak:

- Itsas mailaren osagaien kuantifikazioa (mm-tan)..
- Ezagutzea azken urteotan behatutako gorakadan osagai bakoitzak izan duen ekarpena.
- Ebaluatzea haien inpaktua Euskal Autonomia Erkidegoko kostaldean, oso toki ezberdinetan: erriberako hiri-eremuak (Ibaizabal, Bilbon; Urumea, Donostian) eta uhinen eraginpeko hiri-eremuak (Zarautz eta Bermeo)

IPCCren RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan (IPCC, AR5), XXI. mende bukaerarako proiektaturiko itsas mailaren gorakadaren efektua ebaluatzeko, gaur egungo uholde-eremuak eta XXI. mende bukaerakoak aztertu dira. Uholde-eremu zein diren definitzerakoan, probabilitate-irizpideak erabili dira: 50 urteko errepikatze-denborarekin uholdeen mende garatzen diren eremuak. Alegia, kontuan hartzen dira uholdeen mende maiz gelditzen diren eremuak, batetik, eta uholdeen mende aparteko gertaldietan bakarrik —50 urteko errepikatze-denborarekin— gelditzen diren eremuak, bestetik, baina azterlana egin denetik (2017-2018) XXI. mende bukaera arte igaroko den denboraren antzeko maiztasunarekin.

Uholdeak izateko probabilitate-banaketa lortzeko, aldiuneko itsas mailaren neurketa-datu onenak erabili dira: Estatuko Portuek Bilbon duten mareografoko seriea.

Itsasoaren batez besteko mailaren gorakadak uholde-eremuen kopurua handitzea ekarriko du, eta, bistan denez, gaur egun uholde-eremu direnak sarriago geratzea urpean etorkizunean. Lokalizazio egoki batek (metroakako eskalan, ikertutako eremuetan) aukera emango du arriskua gutxituz toki horiek babesteko (lurraren kota igoaz, uholdeen kontrako hesiak jarritz, uraldietarako ur-tangak edo ponpaketa-sistemak instalatuz...) edo etorkizuneko agertokira egokitzeko (baimendutako edo planifikatutako erabilerak aldatuz edo zainketa, alerta edo larrialdietarako neurriak txertatuz).

Erabilitako metodologia dela eta

- Datuak berreraikitzea baliagarria da serie jarraituak lortzeko eta horien gainean eboluzio- eta iragazte-ereduak aplikatzeko.
- Eboluzio-eredu ezberdinak erabili dira: KZA, bat-bateko joera-aldaketaren eredua eta arrapala erako trantsizio-eredua; horien bitartez, itsas mailaren bat-bateko aldaketaren uneak detektatzen dira eta aldaketa horien arrazoiak zein diren jakiteko bidea errazten da.
- Los modelos de evolución tienen mejor Eboluzio-ereduek hobeto funtzionatzen dute zenbat eta iragazte-periodo luzeagoa izan; jokamolde onena 5 urtetik gorako periodoak eta 10 urtetik gorakoak iragazten direnean gertatzen dira, serie labur eta luzeetan, hurrenez hurren.
- Oro har, korrelazio eta akatsen aldetik emaitza hoberenak eskaintzen dituen eboluzio-eredua bat-bateko joera-aldaketaren eredua da, arrapala erako trantsizio-ereduak ere antzeko emaitzak baditu ere.

KZA da emaitza txarrenak dituen eredia, hau da, behaketetatik gehien aldentzen dena.

- Zein eboluzio-metodo erabiltzen den eta iragazte-periodoa zein den, data ezberdinetan bat-bateko joera-aldaketak ikusten badira ere (KZA ereduak, adibidez, bat-bateko aldaketa bat identifikatu zuen Brest-eko, Newlyn-go eta A Coruñaiko mareografoetarako, 1990ean), kasu gehienetan eta mareografo guztietan itsasoaren batez besteko mailaren joera positiboa antzematen da.

Uholde-arriskua erribera-inguruneetako hiri-eremuetan (eremu pilotuak: Donostia eta Bilbo), klima-aldaketako agertokietan

9 taulan, Bilboko uholde-kota (Ibaizabalen estuarioan) eta Donostiakoa (Urumean) ageri dira, eta orobat uholde-arriskua duten eremuak, gaur egun eta RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan. Gaur egungo agertokian uholdeen eraginpean dauden eremuak kalkulatzeko, Alacanteko itsasoaren batez besteko maila gisa definituriko kostaleroa hartu da erreferentziatzat; horrenbestez, gaur egungo agertokiko eremuak partez mareartekoak dira (estuariotako ibilguak, hondartzak eta abrasio-plataformak). Gaur egungo eremuak erabiltzen dira klima-aldaketako RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietako eremu-hazkundera kalkulatzeko (parentesi artean, 9 taulan).

- Emaitzek erakusten dute IBBMaren gorakadak eragin handia izango duela Ibaizabalen estuarioaren barrualdean eta Donostian.

- Ibaizabalen, gaur egun, urpean geratzeko arriskurik handiena duten eremuak Altzaga eta Zorrotzurre auzoak dira. 2100ean, uholde-eremuak Ibarzaharra-Sestao (RCP4.5) eta Lamiako auzoraino (RCP8.5) iritsiko lirateke. RCP4.5 agertokian, uholdeen mendeko eremuak 120 ha liratekeela balioesten da, eta RCP8.5 agertokian 224 ha (9 taula).
- Donostian, gaur egun eragin handiena jasotzen duten eremuak Loiola auzoa, Txomiñenea eta Astigarragako Bidebitarteko poligonoa dira, baina 2100ean Loiola eta Martutene auzoetarako hedatuko lirateke. Baldin RCP4.5 agertokiko aurreikuspena betetzen bada (+0,45 m), 15,4 ha gehiago geratuko lirateke uholdeen mende; RCP8.5 agertokian (+0,65 m), 21,9 ha gehiago izango lirateke (9 taula).

Uholde-arriskua uhinen eraso bortitzaren mendeko hondartzen ondo-ondoan dauden hiri-eremuetan (eremu pilotua: Zarautz), klima-aldaketako agertokietan

10 taulan, Zarauzko uholde-kotak eta uholde-arriskua duten eremuak, ageri dira, kontuan hartu diren hiru agertokietan. Gaur egungo agertokian uholdeen eraginpean dauden eremuak kalkulatzeko, Alacanteko itsasoaren batez besteko maila gisa definituriko kostaleroa hartu da erreferentziatzat; klima-aldaketako agertokietako eremu-hazkundera kalkulatzeko, aldiz, gaur egungo egoera hartzen da erreferentziatzat (10 taulan adierazten dira).

Agertokiaq	Uholde-kotak (UK)		Bilbo	Donostia
	UK Alacanteko IBBMarekiko (m)	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko (m) ³	Eraginpeko eremua (ha)	Eraginpeko eremua (ha)
Gaur egun	3,01	5,07	107	4,5
RCP4.5 (+0,45 m)	3,46	5,52	227 (120)	19,9 (15,4)
RCP8.5 (+0,65 m)	3,66	5,72	331 (224)	26,4 (21,9)

9. taula Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Bilboko eta Donostiako eremu pilotuetan, hiru agertokietan (parentesi artean eta letra lodiz ageri dira XXI. mende bukaerarako, gaur egungo egoeraren aldean, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan gertatuko liratekeen eremu-hazkundera).

³ Azterlan honetan, Estatuko Portuetako Bilboko mareografoko datu-seriea erabili da itsas mailaren erreferentzia gisa.

Zarautz

Agertokia	UK Alacanteko IBBMarekiko (m)	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko (m)	Eraginpeko eremua (ha)
Gaur egun	[8,5 – 9,3]	[8,5 – 9,3]	18,1
RCP4.5 (+0,45 m)	[7 – 7,8]	[9 – 9,8]	18,5 (0,4)
RCP8.5 (+0,65 m)	[7,2 – 8]	[9,2 – 10]	18,8 (0,7)

10. taula. Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Zarautzen, hiru agertokietan (parentesi artean eta letra lodiz ageri dira XXI. mende bukaerarako, gaur egungo egoeraren aldean, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan gertatuko liratekeen eremu-hazkundeak).

Zarauzko kosta-frontea hiri-eremu kaltebera da uholdeen aurrean, bai mareagatik (astronomikoa eta meteorologikoa), baita uhinengatik ere. Hori dela eta, Zarautz erreferentziazko eremua da kosta-frontearen uholde-alerta ozeano-meteorologikoen operatiborako. Aztertutako lau eremuetatik, Zarautz da uholde-kota garaienak dituen: Bilboko portuko zero balioarekiko, mareengatik eta uhinengatik gaur egungo UK 8,5 m eta 9,3 m artean dago, eta 10 m-raino iritsiko litzateke agertoki ezkorrenean (RCP8.5).

Gaur egun, Zarauzko itsasertzeko zerrendako eremu zabal batzuk uholde-eremuak dira, marearen eta uhin bortitzen eraginez, Zarauzko uholde-arriskua aldatu egiten da tokian-tokian: mendebaldean handiagoa da, nahiz eta UK txikiagoa izan, zeren eta pasealekuak ere behera egiten baitu. RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan, ia itsas pasealeku guztia urpean geldituko litzateke, maila muturreko edo larri batekin. Klima-aldaketako agertoki horietan, gaur egun mendebaldean dagoen inpaktu-maila hiri-fronte guztira

zabalduko litzateke. Zarautz eta Getaria lotzen dituen errepidearen uholde-arriskua ere nabarmen areagotuko litzateke. Eremu pilotu honetan, uholdeen eraginpeko eremuen hazkundeari dagokion klima-aldaketaren efektua txikia da (0,4 ha RCP4.5 agertokian, eta 0,8 ha RCP8.5 agertokian), baina, zenbait tokitan, orain uholde-maila larria izatetik (1 eta 2 m arteko ur-geruzak) muturreko uholde izatera pasako litzateke (2 eta 4 m-ko ur-geruzak).

Uholde-arriskua hiri-inguruneetako portu-eremuetan (eremu pilotua: Bermeo), klima-aldaketako agertokietan

11 taulan, Bermeoko uholde-kotak eta uholde-arriskua duten eremuak, ageri dira, kontuan hartu diren hiru agertokietan. Aurreko kasuetan bezala, gaur egungo agertokian uholdeen eraginpean dauden eremuak

Bermeo

Agertokia	UK Alacanteko IBBMarekiko (m)	UK Bilboko portuko 0 kotarekiko (m)	Eraginpeko eremua (ha)
Gaur egun	[3,8 – 4,7]	[5,8 – 6,7]	11,9
RCP4.5 (+0,45 m)	[4,3 – 5,2]	[6,3 – 7,2]	18,3 (6,4)
RCP8.5 (+0,65 m)	[4,5 – 5,4]	[6,5 – 7,4]	19,3 (7,4)

11. taula. Uholde-kotak Alacanteko IBBMarekiko eta Bilboko Portuko zero balioarekiko, eta uholdeen eraginpeko eremuak Bermeon, hiru agertokietan (parentesi artean eta letra lodiz ageri dira XXI. mende bukaerarako, gaur egungo egoeraren aldean, RCP4.5 eta RCP8.5 agertokietan gertatuko liratekeen eremu-hazkundeak).

kalkulatzeko, Alacanteko itsasoaren batez besteko maila gisa definituriko kostalderoa hartu da erreferentziatzat; klima-aldaketako agertokietako eremu-hazkundeak kalkulatzeko, aldiz, gaur egungo egoera hartzen da erreferentziatzat (11 taulan adierazten dira).

Bermeo azpiegitura kritikoa duen eremu bat da, IBBMaren igoera dela, marea meteorologikoa dela, eta portu-erresonantzia dela, portu-babeserako eta portu-jardueretarako arriskua baitu. Zarautzek bezala, aldakortasun espazial handia du, zeren, portu-erresonantziaren eraginez, anplitudea handitu egiten baita portuko barrualdeen dauden eremuetan eta herriko bizitegi-eremuetatik hurbilen daudenetan. Bermeon uholde-arriskua duten eremuak dira portua, Lamera parkea eta portu ondoko bizitegi-eremua. Ikusten da Bermeoko uholde-arriskua lotuta dagoela gaur egungo portu-erresonantziaren baldintzei, eta arriskuaren hazkundera —hots, uholdeen mende gera daitezkeen eremuen handitzea— nabarmena

dela klima-aldaketaren agertokietan: RCP4.5 agertokian, hiri-eremuko 6,4 ha gehiago geldituko lirateke uholdeen mende, eta RCP8.5 agertokian 7,4 ha, gaur egungo egoeraren aldean.

Bermeon analizatu den beste efektu bat izan da itsas mailaren gorakada, dikean uhin bortitzek duten hedapenean. Itsas mailaren gorakadak babes-dikean joko duen uhin-garaieraren handitzea ekarriko du: 0,4 m eta 0,5 m artean, uhinen eraso zuzenena jasotzen duten eremuetan. Blokeen pisuari dagokionez, oraingo blokearen % 16ko defizit maximoa balioetsi liteke. Balioespen hori tentuz hartu behar da, eta dikearen gaur egungo proiektuko segurtasun-koefizienteen argitan analizatu behar da. Hala eta guztiz ere, ez da inpaktu handirik espero portuko babes gutxitzearen aldetik, segurtasun-koefiziente horiek % 16tik gora egiten baitira.

Bibliografía

-
- Camus P., Losada I.J., Izaguirre C., Espejo A., Menendez M., Perez J. (2017) *Statistical wave climate projections for coastal impact assessments*, Earth's Future.
 - Charles E., Idier D., Delecluse P., Déqué M., Le Cozannet G. (2012) *Climate change impact on waves in the Bay of Biscay*, France. Ocean Dynamics, pp. ODYN-D-11-00186R1.
 - Chust, G., Borja, Á., Caballero, A., Irigoien, X., Sáenz, J., Moncho, R., Marcos, M., Liria, P., Hidalgo, J., Valle, M. & Valencia, V. (2011) *Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay*. Climate Research, 48, 307–332.
 - Chust, G., Caballero, A., Marcos, M., Liria, P., Hernández, C. & Borja, Á. (2010) *Regional scenarios of sea level rise and impacts on Basque (Bay of Biscay) coastal habitats, throughout the 21st century*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 87, 113-124.
 - González, M., Caballero, A., Chust, G., Liria, P., Epelde, I., de Santiago, I., 2018. *KLIMPACT proiektua: Klimaren osagaiek euskal itsasbazterreko itsas mailaren gorakadan duten eraginaren ebaluazioa*. Revista de Investigación Marina, 2018, 25(2).
 - IPCC, 2013: Climate Change 2013: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
 - Iribarren, R., 1965. *Formule pour le Calcul des Diques en Enrochements Naturels ou Elements Artificiels*. XXI Int. Nav. Congress. Stockholm. Section II-4.
 - Liria, P., Colominas, M., González, M. 2013. *Régimen extremal en la zona BIMEP*. Elaborado por AZTI-Tecnalia para Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad, Viceconsejería de Tecnología, Innovación y Competitividad.
 - Slangen, ABA, Carson, M, Katsman, CA, van de Wal, RSW, Köhl, A, Vermeersen, LLA, et al. (2014) *Projecting twenty-first century regional sea-level changes*. Clim Change, 124:317–32.
 - Toimil, A., Losada, I.J., Camus, P. (2016) *Metodología para el análisis del efecto del cambio climático en la inundación costera: aplicación a Asturias*. Rev Iber Del Agua, 3, 56-65.

10

Terminoen glosarioa

UK: Uholde-kota

Itsasoko ur-laminaren garaiera erreferentzia-maila jakin batekiko (adibidez, Alacanteko itsasoaren batez besteko maila edo portu bateko zero balioa). Ur-laminaren igoera gertatzen da marea astronomikoaren eta marea meteorologikoaren eraginez eta uhinen *run-up* efektuaren eraginez (malda batean —esaterako, hondartza batean—, uhinean gora eta behera dauden eremua). Uholde-kotan, oro har, ez da beste prozesurik kontuan hartzen, hala nola haize bortitza dagoenean edo dike baten aurka jotzean uhinek lehertzean sortzen dituzten splash edo zipriztinak .

UK_{50 urte}

50 urteko errepikatze-denborarekin iristen den uholde-kota.

Weibull banaketa

Besteak beste, muturreko gertaldi edo egoeren arriskua modelizatzeko muturreko balioen analisi estatistikoetan erabiltzen den probabilitate-banaketa; esate baterako, uhin-ekaitz bakanen egoeretan edo UK balio oso garaietan.

Hs

Uhin-garaiera adierazgarria. 20 minututik 30 minutura arteko periodo batean erregistratutako uhin garaienen herenaren garaieraren batezbesteko aritmetikoa. Haren balioa hurbiltzen zaio behatzaile aditu batek bisualki antzematen duen uhinen garaierari, behatzaileak, ohartu barik ere, arreta handiena uhin handietan jartzen baitu.

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*

Klima Aldaketaren Gobernuarteko Taldea.

KZA

Datu-serieak iragazteko metodo baten siglak dira. *Kolmogorov-Zurbenko Adaptive* iragazkia. Datu-serie baten batezbesteko mugikorak egitean datza: horretarako, datuen batez besteko periodoa egokiro hautatzen da, teknika horren bidez bat-bateko patroi-aldaketak detektatzen baitira —esaterako, batez besteko balioen aldaketak, eboluzio-maldaren aldaketak eta abar—. Zientziaren adar askotan aplikatu da: osasungintzan (intsektiziden efektua gaixotasun batzuen prebalentzian, hala nola malarian); ur-masa baten ingurumen-baldintzen hobekuntzan, hondakin-urak tratatzeko araztegia martxan jartzearen ondorioz; aldaketak itsasoaren batez besteko mailan, eta abar.

Marea astronomikoa

Eguzkiak eta Ilargiak Lurraren gainean duten grabitazioko erakarmen-indarrek eragiten duten itsas mailaren aldaketa periodikoa da.

Marea meteorologikoa

Fenomeno meteorologikoek —batez ere, haizeak, presio atmosferikoak eta itsasoaren tenperatura-aldaketek— eragiten duten itsas mailaren aldaketa periodikoa da. Efektu nabariena presio atmosferikoa da: presioa handiagoa denean, antizikloi bat igarotzean, itsasoaren batez besteko maila zentimetro batzuk jaisten da;

depresio bat igarotzean, aldiz, itsas maila igo egiten da presio atmosferikoa gutxitzearen ondorioz (depresio oso sakonetan, urakanetan adibidez, osagai meteorologikoen eraginez gertatzen den itsas mailaren gorakada dozenaka zentimetrokoa izan daiteke, eta metroko garaiera ere irits dezake). Lan honetan, bereizten dira **behe-maiztasuneko marea meteorologikoa** (bi orduetik gorako periodoa, nagusiki presio atmosferikoaren ondoriozkoa) eta **goi-maiztasuneko** (bi orduetik beherako periodoa, batez ere haizearen aldakortasunaren ondoriozkoa).

GED: Goraguneen Eredu Digitala

Lurrazaleko espazio baten forma deskribatzeko aukera ematen duen eta x, y, z balioetan adierazita dagoen datu multzo bat da (normalean, luraren garaiera, erreferentzia jakin batekiko; esaterako, itsasoaren batez besteko mailarekiko edo portu baten zero balioarekiko).

IBBM: Itsasoaren Batez Besteko Maila

Denbora-tarte adierazgarri batean itsas mailak duen batez besteko posizioa da. IBBM kalkulatzeko, itsasoak kostaldeko puntu baten duen garaiera erregistratzen da —ahal dela, mareak anplitude txikia duen batean; hots, denboran zehar maila askorik aldatu gabe— eta neurketa horien batez besteko balioa ateratzen da.

IBBMA: Itsasoaren Batez Besteko Maila Alacanten

IGN 2008 laburdurak adierazten du Institutu Geografiko Nazionalak (IGN) 2008an egindako nibelazioa. Itsasoak kostaldeko puntu baten duen batez besteko maila lurraldeko beste puntu batzuetara lekualdatu behar da topografikoki (kokaleku ezaguneko plaka edo iltze bidez markatutako erreferentzia-puntuak, hala nola tren-geltokietan, katedraletan edo udaletxeetan ikusten diren plakak, itsasoaren batez besteko mailarekiko garaiera adierazten dutenak). Horrela, tokiko topografia eta geodesia lanetan, itsasoaren mailaren batez bestekoaren kota ehunka edo milaka kilometrotatik lekualdatu beharrean, horrek dakarren errakuntzarekin, nahikoa da gertuagoko distantzia batetik eskualdatzea. Itsasoaren batez besteko mailaren eskualdatze hau (Espainian, Alacantetik egiten baita) erakunde geodesikoek egiten dute (IGN, Institutu Geografiko Nazionala), zeinek aldiro-aldiro eguneratu eta hobetzen baitute informazio hori, 2008an adibidez.

IBBMB: Itsasoaren Batez Besteko Maila Bilbon

Ikusi **IBBMA**.

POT

Metodologia baten siglak dira (*Peak Over Threshold*). Ohiz kanpoko balio atipikoak hautatzeko teknika bat da, muturreko gertaldi edo egoerak aztertze erabiltzen dena. Behar adinako luzera duen neurketa-seriea badugu —uhinena, adibidez—, eta uhinaren garaieraren muturretako balioak analizatu nahi baditugu, irizpide bat ezarri behar da, alegia uhin baxu, ertain edo nahiko garaiei dagozkien neurketa-balioak bereizteko ekaitz bortizetan gertatzen direnetatik. Irizpidea izan daiteke uhinaren garaierak balio jakin bat gainditzea (5 m. adibidez) eta 5 m gainditzen duten bi uhin-garaieraren artean 48 orduetik gora igarotzea (horrela saihestuz luzaro irauten duten ekaitzen gehiegizko efektua, eguraldi txarreko gertaldi berekoak baitira, eta nabarmenago gelditzen dira laburragoak izan arren aurrekoek bezainbesteko uhinak edo handiagoak dituzten ekaitzak).

RCP: Representative Concentration Pathways (kontzentrazio-ibilbide adierazgarriak)

IPCCk definituriko agertoki batzuk, zeinek besarkatzen baituzte berotegi-efektuko gasen, aerosolen eta gas kimikoki aktiboen isurtze eta kontzentrazioen denbora-serieak, bai eta zoruaren eta lurrazalaren erabilera ere. “Adierazgarri” hitzak esan nahi du ibilbide adierazgarri bakoitzak eskaintzen duela bortxamendu erradiatiboaren ezaugarri espezifikoetara iristeko posible liratekeen agertokietako bat. “Ibilbide” hitzak azpimarratzen du luzera begirako kontzentrazio-mailak baino ez direla interesgarriak, baina aditzera ematen du halaber zein den azken emaitzaraino iristeko denboran zehar korritu den bidea. Kontzentrazio-ibilbide adierazgarriak, oro har, 2100. urtera arteko ibilbidearen zatia izaten dute hizpide; haiei begira, isurtze-agertokiak sortu dituzte ebaluazio-eredu integratuek. Hainbat RCP daude, baina proiektu honetan RCP4.5 eta RCP8.5 erabili dira, zeinak IPCCren azken txostenean (IPCC, 2013) IBBMaren eboluzioaren proiektzioen inguruan deskribatu baitira.

Tr: Errepikatze-denbora

Gertaldi jakin bat denbora-tarte jakin batean gertatzeko probabilitatearen balioespena da. Denbora-tarte hau uler daiteke magnitude zehatz bateko bi gertaldiren arteko batez besteko denbora. Demagun, adibidez, 50 urteko errepikatze-denbora duen uhin-garaiera 8,25 m dela; horrek ez du esan nahi 50 urterik behin 8,25 m-ko uhinak dituen ekaitz bat gertatuko denik beti; izan ere, 50 urtean 8,25 m gainditzen duen ekaitz bat edo gehiago sortzeko probabilitatea ia 2/3 da (% 63,4).

10

Eranskinak

Mareografoaren izena	Denbora	Datu-kopurua	hutsuneen %	Batez besteko balioa	Desbideratze estandarra	Balio minimoa	Balio maximoa
Bilbo EP	1992-2017	2.637.246	0,54	2.394	1.025	-290	4.990
Gijón EP	1992-2017	2.637.845	0,55	2.746	1.007	160	5.400
Santander EP	1992-2017	2.282.058	2,62	2.858	1.029	280	5.380
Pasaia	2007-2017	1.001.725	11,3	3.526	1.060	935	6.057
A Coruña	1943-2017	631.008	3,3	2.653	920	260	5.120
Brest	1846-2017	1.376.134	8,7	4.053	1.599	-150	8.100
Newlyn	1915-2017	885.793	1,9	3.128	1.331	-1.944	9.030
Santander (IEO)	1943-2004	520.980	4,9	2.791	1.016	160	5.350

12. taula. Mareografo bakoitzeko itsas mailaren denbora-serieei aplikatutako analisi estatistikoaren xehetasunak (mm).

Kokalekua	Errepikatze-denbora (urteak)	20	50	225	475
Gijón	Goragunearen balioespen zentrala, hondar meteorologikoa dela-eta (cm)	71	77	87	92
	Goi-zerrenda % 90 (cm)	79	87	103	111
Santander	Goragunearen balioespen zentrala, hondar meteorologikoa dela-eta (cm)	64	68	75	77
	Goi-zerrenda % 90 (cm)	69	75	84	88
Bilbo	Goragunearen balioespen zentrala, hondar meteorologikoa dela-eta (cm)	59	65	74	79
	Goi-zerrenda % 90 (cm)	67	75	91	69

13. taula. Marea meteorologikoaren ondoriozko goragunea, Bilbon, Santanderren eta Gijónen (5 minutuan behingo marea-datuak; iturria: Estatuko Portuak).

Izena	Periodoa (h)	Gijón		Santander		Bilbo	
		Anplit. (mm)	Anguloa (°)	Anplit. (mm)	Anguloa (°)	Anplit. (mm)	Anguloa (°)
Z0	∞	2.745,5	0	2.791,0	0	2.370,3	0
M2	12,42	1.294,5	349,53	1.302,8	173,12	1.318,0	350,57
S2	12	450,2	120,72	451,6	128,06	458,6	121,80
N2	12,66	271,7	82,18	273,4	175,76	278,2	83,66
K2	11,97	123,0	278,65	128,1	286,66	123,4	278,02
K1	23,94	65,6	59,55	63,7	61,78	62,2	56,83
O1	25,82	66,3	232,87	70,7	50,84	67,5	231,81

14. taula. Estatuko Portuetako datu-seriearen analisi harmonikoaren emaitzen laburpena: Gijón, Santander eta Bilbo.

Izena	Periodoa (h)	Brest		Newlyn		A Coruña		Santander	
		Anplit. (mm)	Anguloa (°)	Anplit. (mm)	Anguloa (°)	Anplit. (mm)	Anguloa (°)	Anplit. (mm)	Anguloa (°)
Z0	∞	4.052,9	0,00	3.140,5	0	2.652,4	0	2.791,0	0
M2	12,42	2.054,1	186,22	1.708,9	129,86	1.177,1	229,07	1.302,8	173,12
S2	12	748,4	148,13	571,0	178,19	412,3	116,26	451,6	128,06
N2	12,66	417,7	189,69	327,7	342,69	247,8	219,16	273,4	175,76
K2	11,97	210,3	305,17	161,9	336,14	116,4	274,28	128,1	286,66

15. taula. Estatuko Portuetako datu-seriearen analisi harmonikoaren emaitzen laburpena: Brest, Newlyn, A Coruña eta Santander.

Δ Maila (mm)	Denbora	KZA				Joera aldaketa				Arrapala			
		T<1 urte gabe	T<2 urte gabe	T<5 urte gabe	T<10 urte gabe	T<1 urte gabe	T<2 urte gabe	T<5 urte gabe	T<10 urte gabe	T<1 urte gabe	T<2 urte gabe	T<5 urte gabe	T<10 urte gabe
Bilbo EP	1992-2017	66	62	37	–	91	85	62	–	64	63	60	–
Gijón EP	1992-2017	26	28	4	–	27	33	39	–	26	29	24	–
Santander EP	1992-2017	36	33	17	–	63	58	40	–	27	25	28	–
Pasaia	2007-2017	7	36	–	–	40	101	–	–	26	78	–	–
A Coruña	1943-2017	97	93	87	82	171	169	165	158	113	110	105	99
Brest	1846-2017	194	193	191	188	188	187	186	182	183	182	180	177
Newlyn	1915-2017	169	168	163	154	203	204	200	196	185	186	184	178
Santander	1943-2004	87	85	80	77	217	206	103	103	121	103	93	68

16. taula. Batez bestekoaren mailaren aldea, erregistroaren hasieratik itsas mailaren serieen azken multzora arte, denbora-eboluzioaren eredu ezberdinen arabera.

Δ Maila (mm); b (mm urtean⁻¹)	Denbora	T<1 urte gabe	T<2 urte gabe	T<5 urte gabe	T<10 urte gabe
Bilbo EP	1992-2017	$\Delta=70$ b=2,83	$\Delta=67$ b=2,83	$\Delta=60$ b=2,73	–
Gijón EP	1992-2017	$\Delta=12$ b=0,54	$\Delta=15$ b=0,74	$\Delta=13$ b=0,71	–
Santander EP	1992-2017	$\Delta=37$ b=1,50	$\Delta=35$ b=1,47	$\Delta=29$ b=1,31	–
Pasaia	2007-2017	$\Delta=7$ b=0,88	$\Delta=69$ b=7,55	–	–
A Coruña	1943-2017	$\Delta=130$ b=1,76	$\Delta=125$ b=1,72	$\Delta=117$ b=1,65	$\Delta=111$ b=1,62
Brest	1846-2017	$\Delta=205$ b=1,20	$\Delta=205$ b=1,20	$\Delta=203$ b=1,20	$\Delta=199$ b=1,20
Newlyn	1915-2017	$\Delta=191$ b=1,88	$\Delta=190$ b=1,89	$\Delta=187$ b=1,89	$\Delta=180$ b=1,86
Santander	1943-2004	$\Delta=121$ b=1,98	$\Delta=115$ b=1,91	$\Delta=103$ b=1,76	$\Delta=99$ b=1,77

17. taula. Batez bestekoaren mailaren aldea, erregistroaren hasieratik bukaera arte, eta iragazitako marea-serieei eredu lineala aplikatutakoan gertatzen den malda (mm urtean⁻¹).

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN, LURRALDE PLANGINTZA
ETA ETXEBIZITZA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE,
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y VIVIENDA

www.ihobe.eus
www.ingurumena.eus