



**BINGO**  
a better future under  
CLIMATE CHANGE

BRINGING INNOVATION TO  
ONGOING WATER MANAGEMENT

# POLICY BRIEF

Adaptació de Badalona al Canvi Climàtic.  
Què aporta el projecte H2020 BINGO?

SETEMBRE 2019

[www.projectbingo.eu](http://www.projectbingo.eu)



The BINGO project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation programme, under the Grant Agreement number 641739. This brochure reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

# ÍNDEX

MOTIVACIÓ I DESTINATARIS

---

04

QÜESTIONS INICIALS

---

07

PRINCIPALS RESULTATS I CONCLUSIONS

---

08

RECOMANACIONS

---

14





*L'elecció no es troba entre optimisme i pessimisme sinó entre acció i inacció.*

UNFCCC, Conferència de Canvi Climàtic de Bonn, Juny de 2019

## MOTIVACIÓ I DESTINATARIS

En el marc del projecte H2020-BINGO (2015-2019), liderat per LNEC en un consorci de 20 socis de 6 països europeus, s'han avaluat els impactes del canvi climàtic en el cicle integrat de l'aigua i, a partir d'una estratègia de gestió del risc, s'han establert mesures d'adaptació per a problemes específics del cicle de l'aigua. Per a la predicció de variables climàtiques, es va adoptar un doble horitzó temporal: de deu anys (2015-2024), amb escales de resolució espacial i temporal acurades, i fins al 2100 amb escales menys detallades.

Aquestes previsions s'han aplicat com a entrada per a una àmplia gamma de models hidrològics i hidràulics que generen els impactes potencials del clima en el cicle integrat de l'aigua, incloses les aigües terrestres i superficials, interiors i costaneres. Les inundacions i les sequeres i el seus impactes en activitats socioeconòmiques com el subministrament públic, el drenatge urbà, l'agricultura o el turisme han sigut les amenaces climàtiques principals que s'han analitzat dins del projecte BINGO.



## BINGO RESEARCH SITES

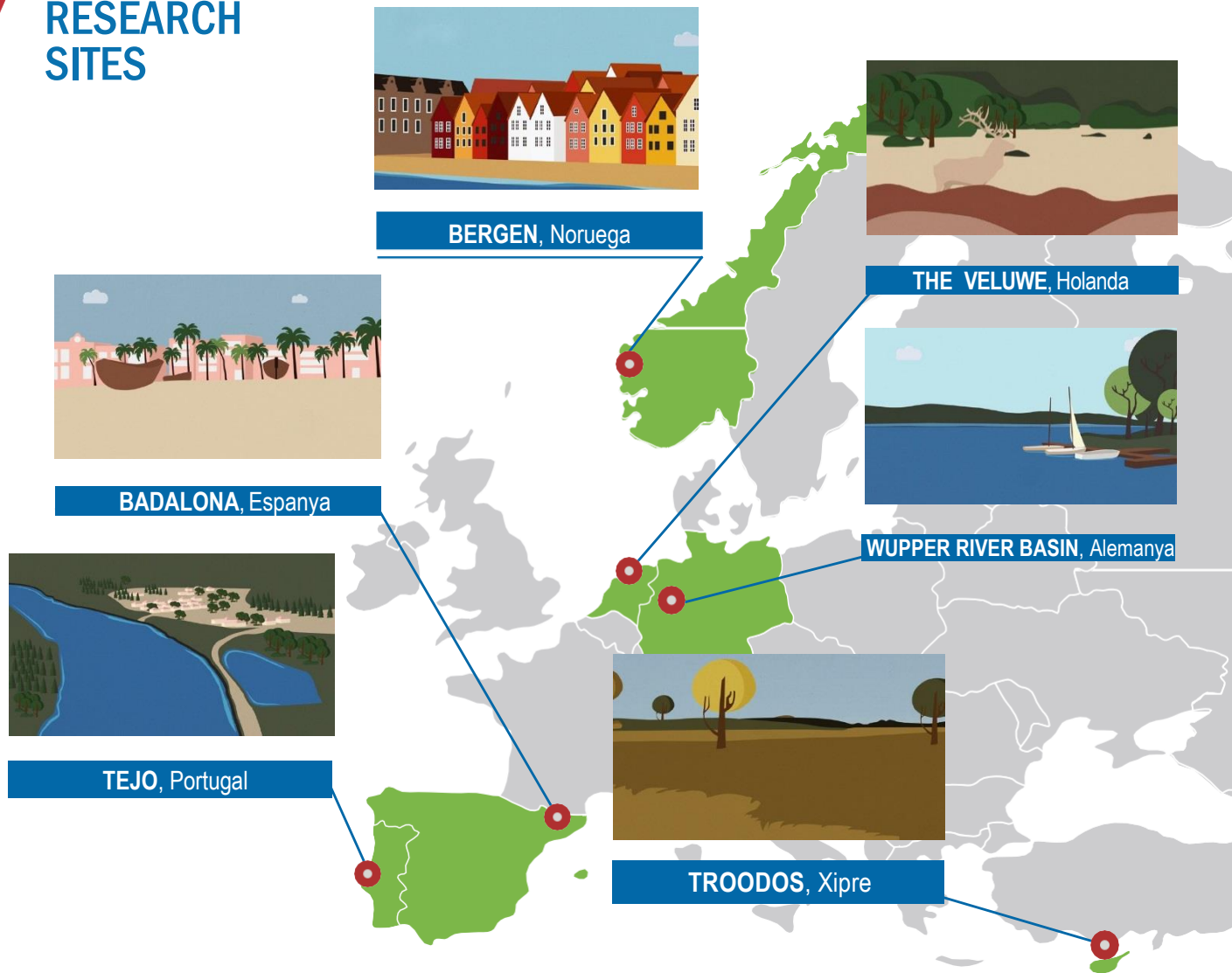


Figura 1 – Casos d'estudi del projecte BINGO

L'enfocament del projecte BINGO s'ha validat en 6 casos d'estudi demostradors a Europa, incloent: Noruega, Països Baixos, Alemanya, Espanya, Portugal i Xipre, que il·lustren les diverses condicions climàtiques, tipologies de pressió i contextos institucionals, socioeconòmics i culturals (Fig. 1).

El projecte ha promogut enfocaments col·laboratius innovadors mitjançant la creació de 6 comunitats de pràctica (CoP), que han contribuït al desenvolupament de metodologies d'avaluació de riscos i a la identificació de mesures d'adaptació.

*Una Comunitat de Pràctica (CoP) és un grup de persones que comparteixen un problema o passió per alguna cosa i interaccionen regularment per aprendre a millorar.*

Hovland (2005) "Successful Communication – A toolkit for Researchers and Civil Society Organizations"

## El cas d'estudi de Badalona,

liderat per la empresa AQUATEC (Grup SUEZ) ha estat centrat en l'avaluació i la mitigació dels impactes del canvi climàtic (per a escenaris futurs a curt i llarg termini) en el drenatge urbà i així augmentar la resiliència de la ciutat de Badalona davant els episodis de pluja intensa causants d'inundacions urbanes i descàrregues del sistema de sanejament (DSS). La col·laboració amb actors locals rellevants com l'Ajuntament de Badalona, l'Àrea Metropolitana de Barcelona i l'empresa mixta Aigües de Barcelona, juntament amb Cetaqua (Centre Tecnològic de l'Aigua), han permès entendre i analitzar de forma adequada les problemàtiques locals i enfocar les mesures d'adaptació d'acord a les seves necessitats.

**Un dels productes finals del projecte BINGO és una cartera de solucions adaptades a una àmplia gamma de qüestions relacionades amb la gestió del cicle de l'aigua, incloent conflictes d'ús de l'aigua, amb un fort potencial de replicabilitat a altres regions fora d'Europa.**

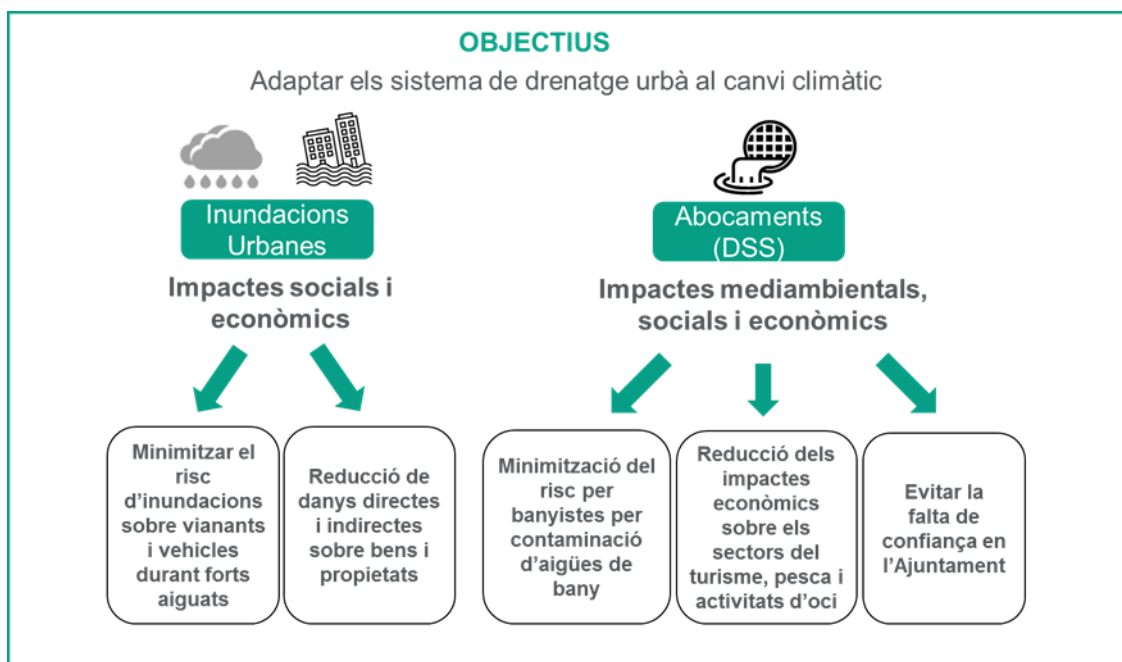
### Aquest document pretén

Compartir els resultats clau del projecte H2020 BINGO al cas d'estudi de Badalona relatius a l'avaluació dels impactes del canvi climàtic en el sistema de drenatge urbà i la proposta de mesures d'adaptació per fer-ne front. El document està destinat a responsables polítics, gestors i tècnics implicats en el drenatge urbà, medi ambient o protecció civil, entre altres.

## QÜESTIONS INICIALS

A l'inici del projecte es varen formular una sèrie de qüestions per Badalona per les quals, el projecte de recerca H2020 BINGO ha intentat donar respostes.

- És necessari que Badalona s'adapti al canvi climàtic?
- Quines serien les conseqüències (impactes) i cost de no actuar?
- Quines són les mesures d'adaptació al canvi climàtic òptimes per Badalona?
- Quin és el full de ruta per arribar a implementar les mesures?



L'objectiu final és adaptar el sistema de drenatge urbà de Badalona al canvi climàtic per tal de minimitzar els impactes de les inundacions urbanes i les descàrregues del sistema de sanejament al medi

# PRINCIPALS RESULTATS I CONCLUSIONS

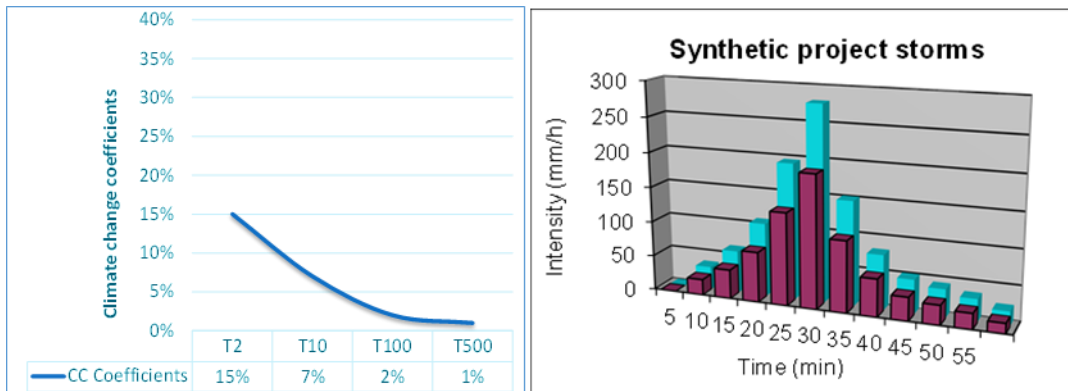
## ■ Prediccions i projeccions climàtiques per Badalona

A l'hora d'estudiar les **inundacions pluvials urbanes**, la variable climàtica més important es la intensitat màxima de pluja amb els seus períodes de retorns associats. Els resultats de les prediccions a deu anys (fins al 2024) del Projecte BINGO no van mostrar increment significatiu de les intensitats, per això es van analitzar i utilitzar les projeccions climàtiques basades en els escenaris futurs RCP 8.5 per al període 2051-2100.

Taula 1 – Coeficients de canvi climàtic per diferents RCP i períodes de retorn

		Return period [y]									
		2	5	10	25	30	50	75	100	250	500
Average climate factor [%]. Ratio between future and past rainfall intensities.	RCP 2.6	8	11	12	13	13	13	13	14	14	14
	RCP 4.5	5	-3	-6	-9	-9	-10	-11	-11	-12	-13
	RCP 8.5	15	9	7	4	4	3	3	2	2	1

L'escenari RCP 8.5 ha sigut l'escenari de referència escollit per ser un escenari intermedi amb relació als resultats obtinguts i doncs, considerat com més probable. La següent figura mostra el coeficient de canvi climàtic del RCP 8.5 (definit com el quocient entre les intensitat màximes futures i las actuals) per els períodes de retorn que s'han fet servir per l'anàlisi de les inundacions. Els resultats mostren que **les intensitats de pluja amb període de retorn (T) de 2 anys augmentaran un 15%**, la de 10 anys un 7%, la de 100 anys un 2% i la de 500 anys un 1% per l'horitzó del 2100. En general doncs, els resultats indiquen que la intensitat i la freqüència dels episodis de pluges intenses poden augmentar al apropar-se el final del segle.

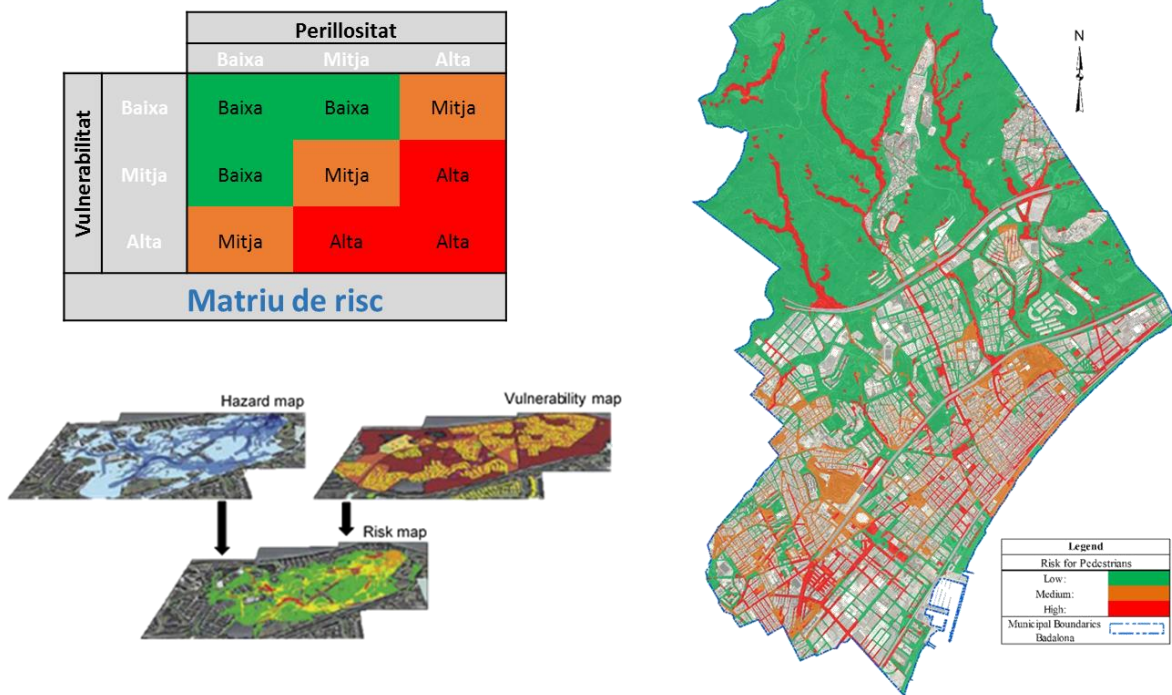


**Figura 1** –Coeficient de canvi climàtic segon el RCP 8.5 (Esquerra), i comparació de la pluja de disseny actual (vermell) i futura (blau) (Dreta).

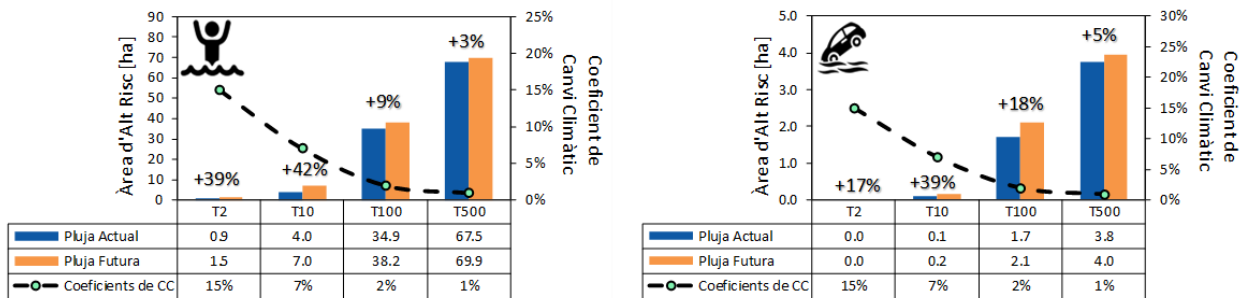
Per les **descarregues del sistema de sanejament (DSS)** el nombre d'esdeveniments anuals de pluja i el volum abocat són els indicadors principals. En general, les pluges amb un volum de pocs mm generen DSS a Badalona encara que la intensitat de la pluja sigui baixa. Els 10 models de prediccions a deu anys que simulen el passat (1996-2014) i el futur (2015-2024) no mostren però variacions significatives de les pluges anual acumulada o el nombre d'episodis.

## ■ Avaluació dels impactes i riscos per inundació

Un model detallat integrat (1D/2D), del sistema de clavegueram de la ciutat (model 1D) y del flux superficial (model 2D), s'ha desenvolupat i validat amb l'ajuda de sensors de pluja, nivell i altres dades de camp. El model proporciona els paràmetres del flux en la xarxa de drenatge i en la superfície de la ciutat indispensables per a l'estimació dels impactes produïts per les inundacions. Per les inundacions s'han calculat els riscos intangibles (que no es poden monetitzar) per vianants i per vehicles i també els riscos tangibles (que es poden monetitzar) pels edificis. El risc per vianants i per vehicles s'ha calculat segons una matriu de risc, on es considera la combinació del nivell de perillositat (hazard) i de vulnerabilitat (vulnerability). A l'hora de calcular la perillositat per vianants i vehicles s'han fet servir els criteris més actualitzats que estableixen la perillositat en funció del calat i la velocitat d'aigua simulades als carrers. I per a l'estimació de la vulnerabilitat s'han considerat criteris d'exposició y susceptibilitat dels vianants, com la densitat de població i la presència de edificis vulnerables (hospitals, escoles, etc.). Per a vehicles, el criteri per la classificació de la vulnerabilitat ha sigut la densitat del flux de vehicles.



La següent figura resumeix tots els resultats de l'anàlisi dels riscos intangibles. Com es pot observar, l'àrea d'alt risc augmenta amb el període de retorn i amb la pluja futura.



S'observa un increment entre el 17-42% per períodes de retorn de 2 i 10 anys i del 3-18 % per períodes de retorn de 100 i 500 anys deguts a les pluges futures. Els períodes de retorn de 2 i 10 anys tenen increments de pluja més alts que els de 100 i 500 i per això tenen un increment de riscos més alt. Malgrat això, els valors absoluts de les àrees d'alt risc són de poques hectàrees. És interessant ressaltar que el risc augmenta més que la pluja: per exemple un augment de la pluja de 7% comporta un increment del risc del 42%.

Per calcular els danys als edificis s'ha proposat un model conceptual d'entrada d'aigua a les propietats, juntament amb l'elaboració d'eines específiques per la ciutat de Badalona (corbes de danys i coeficients d'estanqueïtat). En aquest estudi s'ha comptat amb la col·laboració d'un pèrit expert en inundacions i del Consorci de Compensació d'Assegurances. Per estimar els danys, primer de tot s'ha simulat, amb el model 1D/2D, a partir del qual s'han obtingut els nivells d'aigua als carrers que, mitjançant el model conceptual desenvolupat, s'han convertit en possibles nivells d'aigua a l'interior de les propietats. Finalment s'han aplicat les corbes de danys als edificis amb aigua per estimar d'aquesta manera els danys per inundació a ciutat de Badalona.

La següent taula mostra els danys calculats amb l'indicador EAD (en anglès Expected Annual Damage) que indica el dany anual mitjà previst per les inundacions i també els danys per cada període de retorn que s'han utilitzat per calcular el EAD. **En general, les pluges futures poden portar a un increment del 30 % dels valor actuals dels danys per inundacions.**

Taula 2 – Dany anual previst (EAD) per les inundacions

Període de retorn (anys)	2	10	100	500	EAD
Condicions de pluja actuals	144 623.62 €	1 499 716.81 €	18 558 544.86 €	35 224 190.24 €	1 482 776.71 €
Condicions de pluja futures RCP 8.5	262 281.16 €	2 763 594.28 €	20 173 589.36 €	36 575,222.84 €	1 929 913.89 € (+30%)

La següent figura resumeix l'anàlisi d'impactes per inundacions analitzats a Badalona.



Figura 4 – Impactes d'inundacions analitzats a Badalona

## ■ Avaluació dels impactes i riscos per descàrregues del sistema de sanejament

Per les DSS s'han calculat els riscos intangibles per als banyistes que poden entrar en contacte amb l'aigua de mar contaminada. En aquest cas, una perillositat alta correspon amb concentracions altes d'*Escherichia Coli* a l'aigua de mar (un dels dos indicadors de referència al RD 1341/2007) i una vulnerabilitat alta correspon a la temporada de bany i la zona de bany que inclou els primers 200 m des de la costa.

El risc per banyistes s'ha calculat utilitzant 2 indicadors diferents: la durada de la contaminació de l'aigua de mar per temporada de bany i la durada de la contaminació de l'aigua de mar després d'un episodi de pluja.

Es va fer servir el **model de drenatge urbà acoblat amb el model de contaminació marina** per simular i quantificar aquests 2 indicadors. La següent figura mostra els resultats. La figura de l'esquerra mostra la durada mitjana per temporada de bany de la contaminació marina per DSS que és equivalent a la durada del període d'alt risc per la salut dels banyistes. La figura mostra que **una mitjana de gairebé el 4% de la temporada de bany presenta un risc alt**, tot i que hi ha força variació cada any degut sobretot a la pluja caiguda durant la temporada de bany. A la figura de la dreta es mostra la durada màxima de la contaminació al mar en funció del volum de pluja caiguda. Actualment, l'Ajuntament disposa d'un protocol per la gestió de la contaminació marina per DSS que es podria modificar d'acord als resultats obtinguts al projecte BINGO.

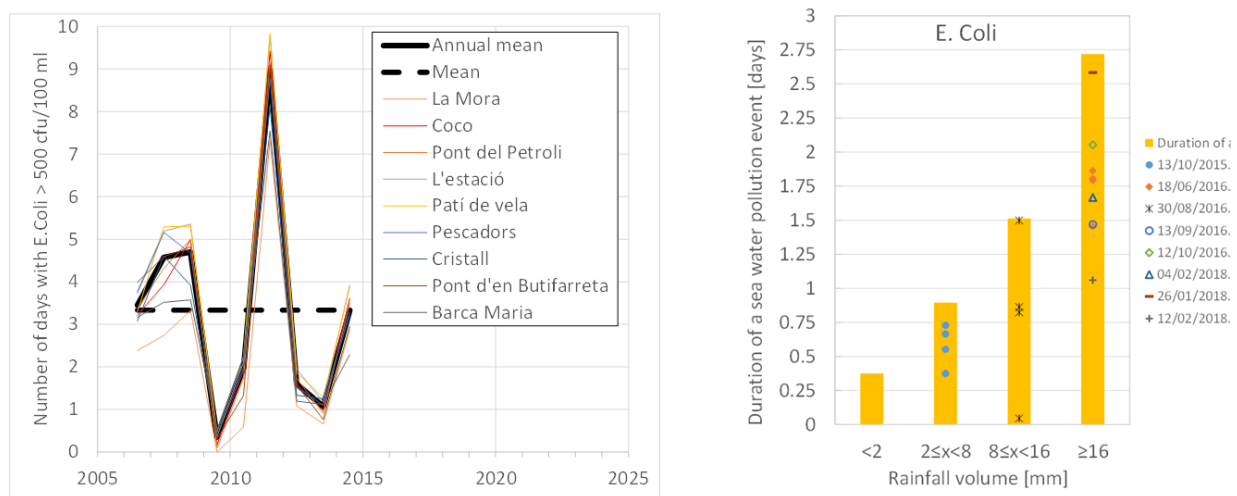


Figura 5 – Alt risc per banyistes durant diferents temporades de bany (esquerra) i després d'un episodi de pluja (dreta)

## ■ Proposta de mesures d'adaptació

Com a resultat d'un procés participatiu vehiculat a través de les Comunitats de Pràctica, es va elaborar un llistat de mesures d'adaptació destinades a reduir els impactes de les inundacions i descarregues del sistema de sanejament pel municipi de Badalona. D'un llistat inicial de 15 mesures d'adaptació, 3 mesures es van identificar com a prioritàries:

- M1: Conjunt de mesures estructurals: nous embornals, nous col·lectors i nous dipòsits
- M2: Implementació de Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible (SUDS)
- M3: Implementació d'un Sistema d'Alerta Primerenca (anti-inundacions i anti-DSS)

Aquestes 3 mesures van ser avaluades segons 2 criteris: la reducció d'impactes associada a la seva implementació i el cost i benefici derivat de cadascuna d'elles. Aquesta anàlisi es va fer separatament pel risc d'inundacions i de DSS.

En el cas d'inundacions urbanes:

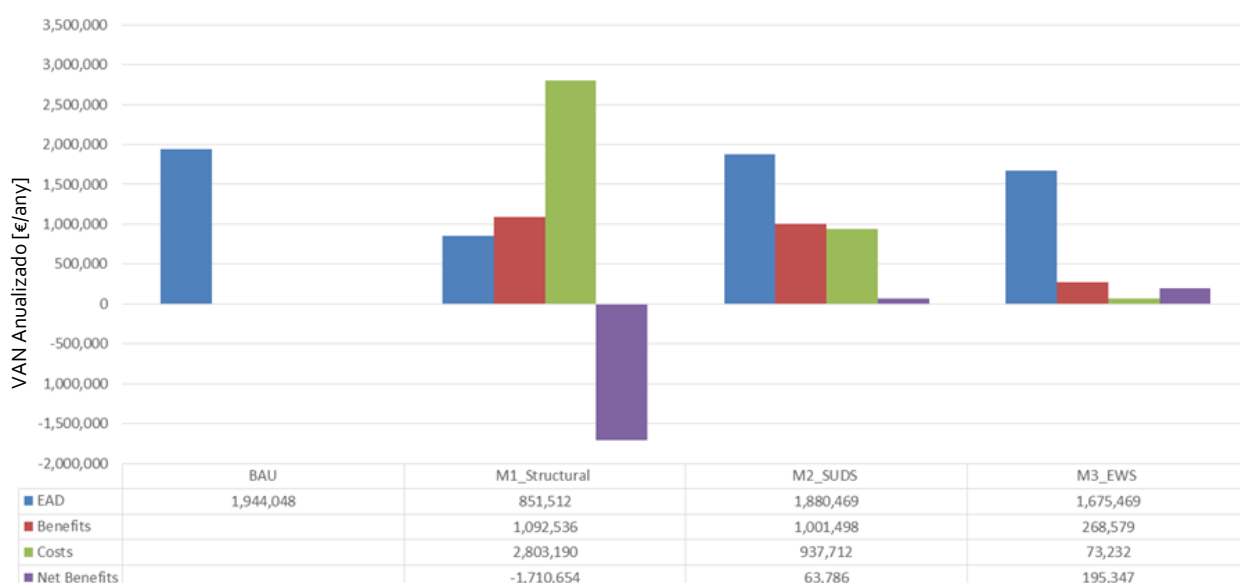


Figura 6 – Resultats de l'anàlisi cost-benefici per inundacions considerant la pluja futura

- ❖ La mesura més eficient en reducció de risc és l'estructural. És la que comporta menys danys i menys riscos per a la població potencialment afectada per inundacions (barra blava).
- ❖ La mesura més eficient en termes d'anàlisi cost-benefici és el sistema d'alerta. És la mesura més econòmica d'implementar i per tant el benefici net és positiu.
- ❖ Les SUDS serien una bona alternativa si s'implementessin de forma massiva en tota la ciutat ja que suposen altres co-beneficis importants.

En el cas de les descarregues del sistema de sanejament:

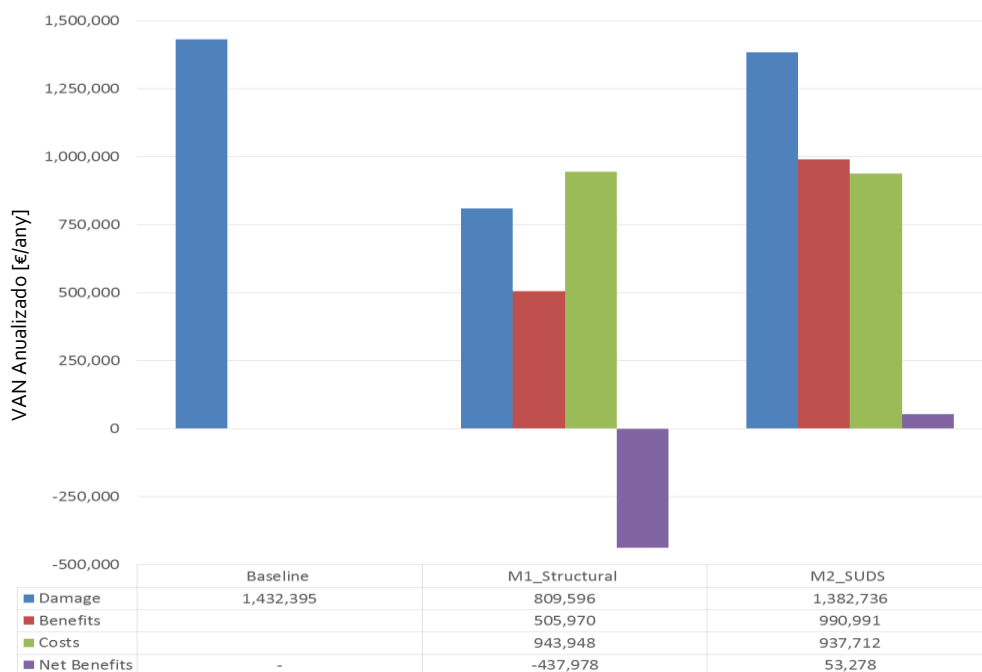


Figura 7 – Resultats de l’anàlisi cost-benefici per DSS considerant la pluja futura

- ❖ La mesura més eficient en reducció de risc i danys és l’estructural, però en termes d’anàlisi cost-benefici no suposa beneficis nets positius.
- ❖ Les SUDS no redueixen significativament risc i danys però suposen beneficis nets positius a causa dels beneficis alternatius associats o co-beneficis (beneficis socials, paisatgístics o

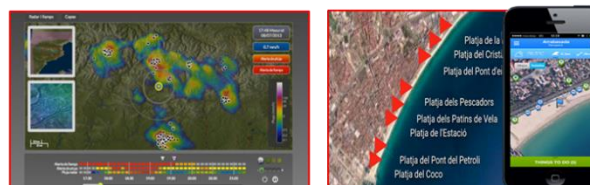
**Mesures estructurals (nous embornals, canonades i dipòsits)**



**Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible (SUDS)**



**Sistema d’alerta primerenca**



# RECOMANACIONS

El desenvolupament del projecte BINGO permet donar resposta a les qüestions plantejades a l'inici del projecte. Aquestes respostes es poden traduir en una sèrie de recomanacions a la ciutat de Badalona en el seu camí cap a l'adaptació al canvi climàtic:

## ■ ÉS NECESSARI QUE BADALONA S'ADAPTI AL CANVI CLIMÀTIC?

- **Si, és necessari que Badalona s'adapti al canvi climàtic.** Els episodis de pluges intenses són cada cop més freqüents, i com a conseqüència del canvi climàtic, es preveu que la intensitat de pluja pels episodis més recurrents (els de període de retorn (T) de 2 i 10 anys) s'incrementi en un **15%** i **7%** respectivament.
- **En termes de risc, aquests increments d'intensitat de pluja signifiquen més impactes a la zona urbana.** Concretament, un increment de l'àrea urbana amb risc alt d'inundació per a vianants de un **39%** per a T2 i **42%** per a T10. Per a vehicles tan sols es preveuen increments significatius (2%) per a pluges de T100. En el cas de les descarregues del sistema de sanejament es preveu un increment del **8%** en els temps d'alta contaminació del medi marí.

## ■ QUINES SÓN LES CONSEQÜÈNCIES (IMPACTES) I COST DE NO ACTUAR?

- **El principals impactes derivats de les inundacions urbanes són socials** (impacte directe sobre vianants) **i econòmics** (impactes sobre vehicles i danys directes i indirectes sobre bens i propietats).
- **Els principals impactes derivats de les descàrregues del sistema de sanejament són mediambientals** (impactes sobre els ecosistemes marins), **socials** (impactes sobre els banyistes per contacte amb aigua de bany contaminada), **econòmics** (impactes sobre el turisme, pesca i activitats de lleure) **i socials** (falta de confiança en l'Ajuntament).
- **Si no s'adopta cap mesura d'adaptació vers el canvi climàtic,** es preveu que el cost anual associat a les inundacions urbanes esdevingui **1,9 M€** i el cost anual associat a les descarregues del sistema de sanejament equivalgui a **1,4 M€**.

- En aquest sentit **es recomana adoptar alguna de les mesures d'adaptació prioritzades i analitzades en el marc del projecte BINGO**. Per tal de decidir la mesura d'adaptació més òptima és necessari avaluar detingudament els resultats de la implementació de cada mesura en termes de **reducció del risc** i d'un **anàlisi cost-benefici**.

## ■ QUINES SÓN LES MESURES D'ADAPTACIÓ ÒPTIMES PER BADALONA?

---

- De les 3 mesures d'adaptació prioritzades durant el procés participatiu dut a terme a través de la comunitat de pràctica de Badalona, aquestes són les mesures d'adaptació més eficients des del punt de vista de reducció del risc i de l'anàlisi cost-benefici.

- ❖ La mesura més eficient en termes de **reducció de risc** (tant d'inundacions com de DSS) és la **mesura estructural**.
- ❖ La mesura més eficient en termes de **cost-benefici** és el **sistema d'alerta**.
- ❖ La mesura que comporta més **co-beneficis**, són els **sistemes urbans de drenatge sostenible**.

## ■ FULL DE RUTA CAP A L'ADAPTACIÓ

---

- Caldria comptar amb el suficient **suport polític i social** per començar a implementar alguna de les mesures d'adaptació seleccionades.
- Els resultats del projecte BINGO haurien d'ajudar per **prioritzar inversions** en aquest sentit.
- Les mesures estructurals són les més eficients a nivell de reducció del risc, però també són les que requereixen de major inversió.
- Es recomana optar per una estratègia d'adaptació que inclogui varies mesures **combinades**:
  - ❖ Implementació de SUDS a gran a escala, i d'aquestes, millor optar per les SUDS amb un component de verd urbà per així incrementar els seus co-beneficis, també a nivell de mitigació del canvi climàtic.
  - ❖ Mesures estructurals, les que siguin assumibles econòmicament.
  - ❖ Sistema d'alerta primerenca per disminuir al màxim l'exposició de la ciutadania i altres elements vulnerables al risc.

