



Priorització multicriteri de Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible



GiroNat

*Gir cap a la renaturalització per a una Girona
més resilient i saludable*

Autors: Josep Pueyo-Ros

Títol del document: Priorització multicriteri de Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible

Codi del document (font de verificació): FVA2R6

Entitat responsable: Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA-CERCA)

Acció: A2 Plans d'infraestructura verda

Subacció: A2.1. Diagnosi de l'estat previ de la infraestructura verda de la ciutat

Data: 28 d'octubre de 2025

Estat del document: Versió definitiva

Índex

INTRODUCCIÓ	7
METODOLOGIA	9
Simulació d'episodi de pluja	9
Implementació dels SUDS en els escenaris	9
Simulació i comparació d'escenaris	10
Simulació d'un escenari amb SUDS implementats a tots els candidats	10
RESULTATS	11
Comparació d'escenaris a partir de l'escenari actual	11
Simulació d'un escenari amb tots els SUDS implementats	15
CONCLUSIONS	17
BIBLIOGRAFIA	18

INTRODUCCIÓ

Les descàrregues de sistemes unitaris (DSU), representen una preocupació ambiental creixent en moltes ciutats al voltant del món. Aquests sistemes unitaris combinen les aigües residuals domèstiques i pluvials en una única xarxa de sanejament. Quan hi ha un gran volum de pluja, els sistemes no poden gestionar-ho i es produeix una sobrecàrrega, provocant que els excessos d'aigua i contaminants siguin descarregats directament als rius, mars o aigües costaneres (Radinja et al., 2019). Les aigües residuals poden contenir bacteris patògens i nutrients que causen la proliferació d'algues nocives i altres contaminants que afecten la qualitat de l'aigua amb impactes en la salut pública i en els ecosistemes fluvials (Passerat et al., 2011). Afrontar aquesta problemàtica és vital per protegir els nostres recursos hídrics i garantir un futur sostenible per a les generacions futures.

Les xarxes separatives, que gestionen les aigües residuals domèstiques i pluvials per separat, són una solució efectiva per reduir les DSU. No obstant això, la seva implementació és limitada en moltes ciutats per diversos motius (Tibbetts, 2005). Primer, el cost és una barrera significativa. Construir noves xarxes separatives o convertir les existents en xarxes separades requeriria inversions substancials en infraestructura. Això pot ser prohibitiu per a moltes administracions municipals que ja estan pressionades amb altres despeses prioritàries. A més, en ciutats amb una infraestructura urbana antiga, com és el cas de Girona, amb carrers estrets o densament poblats, pot ser particularment complex i costós realitzar les obres necessàries. A més, hi ha limitacions logístiques i de temps, ja que el desplegament d'una xarxa separativa sovint requereix interrupcions significatives en el trànsit i en les activitats quotidianes dels residents. Tot i els avantatges evidents, la manca de recursos financers i les dificultats logístiques fan que les xarxes separatives siguin escasses en moltes ciutats, mantenint la dependència de sistemes unitaris que produeixen les DSU.

Les solucions a final de línia, com ara malles i reixes, són mecanismes clau en la gestió de les descàrregues de DSU (Botturi et al., 2021). Aquestes infraestructures actuen com a filtres físics per capturar sòlids grossos, flotants i altres contaminants abans que arribin als cursos fluvials. Les malles, generalment col·locades a les obertures de les clavegueres i embornals, retenen els objectes grans com branques, plàstics i altres residus que podrien bloquejar les canonades o causar danys als equips de la planta de tractament d'aigües residuals. D'altra banda, les reixes, situades als sobreixidors dels sistemes de drenatge, serveixen per retenir materials flotants i sedimentats, com olis, greixos i altres contaminants que floten a la superfície o es sedimenten al fons. Tot i que aquestes solucions a final de línia ajuden a reduir la càrrega de contaminants abocada als ecosistemes aquàtics, és important destacar que no resolen completament el problema de les DSU. En alguns casos concrets, també s'utilitzen aiguamolls artificials per tractar l'aigua de DSU abans no arribi al riu. Tot i que aquesta és una solució basada en la natura, a la realitat hi ha pocs casos en què es disposi de l'espai necessari per implementar-la, ja que els aiguamolls han de ser capaços d'absorbir cabals molt alts en moments molt concrets (Masi et al., 2023).

Una altra solució és captar l'aigua de pluja abans no entri al sistema unitari. Les solucions més freqüents es basen principalment en infraestructures construïdes específicament per gestionar les aigües pluvials, també anomenats sistemes convencionals. Entre aquestes solucions destaquen els tancs de tempesta, que recullen i emmagatzemen l'aigua de pluja durant els episodis de pluges intenses per després alliberar-la gradualment a la xarxa de drenatge una vegada ha passat la tempesta (Botturi et al., 2021). Aquesta tecnologia ajuda a reduir la sobrecàrrega dels sistemes de sanejament i minimitza el risc de DSU. A més dels tancs de tempesta, la captació de pluvials mitjançant cisternes i sistemes de recollida d'aigua de pluja en edificis i àrees urbanes és una altra opció eficaç. Aquests sistemes recullen l'aigua de pluja dels teulats i altres superfícies impermeables, emmagatzemen l'aigua per a ús posterior en tasques com la irrigació o el rentat de vehicles, i redueixen la quantitat d'aigua

que entra als sistemes de drenatge (Campisano et al., 2017). Tot i que les solucions basades en infraestructures construïdes tenen costos inicials, ofereixen beneficis a llarg termini en la gestió sostenible de les aigües pluvials i en la reducció dels impactes ambientals associats amb les DSU.

Els Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible (SUDS) són una alternativa innovadora als sistemes convencionals de gestió d'aigües pluvials (Joshi et al., 2021). A diferència dels tancs de tempesta i altres infraestructures convencionals, els SUDS incorporen elements naturals i dissenys basats en la natura per gestionar l'aigua de pluja a nivell local. Aquests sistemes inclouen característiques com ara teulats verds, zones verdes permeables, basses de retenció, voreres vegetades i filtres vegetals, entre altres. Les avantatges dels SUDS són múltiples: en primer lloc, ajuden a reduir les DSU, ja que retenen i infiltren l'aigua de pluja en el terreny, evitant que arribi als sistemes unitaris. A més, promouen la infiltració d'aigua al sòl, recarregant els aqüífers i millorant la qualitat de l'aigua subterrània. També contribueixen a reduir els efectes de les inundacions urbanes, ja que retenen l'aigua de pluja en lloc d'escórrer-la ràpidament a les xarxes de drenatge. A més, els SUDS proporcionen avantatges addicionals com ara la millora de la biodiversitat, la reducció de la temperatura urbana i la millora de l'estètica i la qualitat de vida a les comunitats (D. La Rosa & Pappalardo, 2020). En resum, els SUDS representen una opció més sostenible i integrada per a la gestió d'aigües pluvials, contribuint a un entorn urbà més saludable i resistent al canvi climàtic.

Disposar d'un model del drenatge urbà calibrat, presentat a l'informe FVA2R5, permet no només comprendre el comportament hidrològic de la ciutat sinó també avaluar de manera quantitativa l'efecte potencial d'intervencions de drenatge sostenible. A partir d'aquest model es poden identificar les subconques amb major contribució a les descàrregues del sistema unitari i, per tant, els punts crítics on la implementació SUDS pot tenir un impacte més rellevant. L'ús del model com a eina de simulació facilita comparar diferents escenaris, valorar la seva eficàcia hidràulica i explorar les sinergies amb altres beneficis ambientals i socials vinculats al verd urbà.

En aquest segon informe, l'objectiu principal és aplicar el model calibrat per simular la implementació de diversos SUDS a la ciutat de Girona i analitzar-ne l'efecte sobre la reducció de descàrregues del sistema unitari (DSU) i sobre altres indicadors ambientals. Aquesta anàlisi representa un pas endavant cap a una planificació estratègica de les infraestructures verdes urbanes, que permeti prioritzar les actuacions amb major potencial per disminuir les DSU i contribuir a una ciutat més resiliència i ambientalment equilibrada.

METODOLOGIA

Simulació d'episodi de pluja

Per generar la sèrie de pluja TS_TR50y_12h_Chi40 s'ha aplicat la metodologia de tempesta sintètica de Chicago (Keifer & Chu, 1957) a partir de les corbes IDF del Meteocat¹ per a Girona, corresponents a un període de retorn de 50 anys. Aquesta metodologia permet construir una distribució temporal de la precipitació dissenyada per representar una tempesta crítica equivalent, en intensitat i volum, a la pluja observada per a una determinada durada i freqüència.

El procediment parteix de la corba IDF, que relaciona la pluja màxima esperada amb la durada. A partir d'aquesta relació s'obté una funció contínua de precipitació acumulada, que permet calcular la intensitat per intervals molt curts. Amb aquesta base, s'organitzen els increments de pluja de manera que la màxima intensitat se situï en una posició relativa dins la durada total; en aquest cas, el 40 % del temps. Així, la tempesta presenta una fase de pujada ràpida fins al pic i una fase de descens més gradual, reproduint el patró típic d'un episodi convectiu intens.

La sèrie s'ha generat amb una durada total de 12 hores i un pas temporal d'1 minut, obtenint la pluja acumulada al llarg del temps, expressada en mil·límetres. El hietograma resultant és el que s'ha aplicat en totes les simulacions que es detallen a continuació.

Implementació dels SUDS en els escenaris

A cada escenari s'ha simulat la implementació de SUDS, en concret una cel·la de bioretenció, prenent com a base l'escenari actual sense SUDS i modificant una única subconca del model candidat per allotjar un SUDS. Primer, es calcula, per a cada subconca, la contribució que realitza a la xarxa de clavegueram a partir del cabal que entra al punt de la xarxa on la subconca drena (*lateral inflow* del *outlet*). Quan un punt rep cabal de més d'una subconca, es reparteix entre les dues subconques de manera proporcional al volum d'escorrentia de cada subconca. Tot seguit es creua la cartografia de subconques amb el catàleg d'espais lliures públics de Girona, considerant que aquest són els espais hàbils on es podrien construir-hi SUDS.

Per escollir els candidats, es seleccionen aquelles subconques on la seva contribució es troba entre el 20% amb més contribució i on el SUDS que s'hi podria construir (àrea de l'espai lliure) està entre el 20% de major superfície.

Per a cada candidat es genera un nou model SWMM (un escenari) on s'implementa un SUDS a la subconca específica. L'àrea del SUDS es determina com el 90% de l'àrea del subcatchment situada dins espai lliure. Si el SUDS està a menys de 50 metres d'un punt de sortida al medi, el SUDS es simula amb una canonada de drenatge fins aquesta sortida (amb coeficient de drenatge d'1 i un exponent de drenatge de 0,5). En cas contrari, el SUDS només pot evacuar aigua per infiltració o evapotranspiració.

La resta de paràmetres del SUDS es mantenen uniformes en ambdós casos:

- Superfície:
 - o Alçada del talús: 150 mm.
 - o Fracció del volum de vegetació: 0,2

¹ <https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/dades-i-productes-climatics/corbes-idf/idf-municipal/>

- o Coeficient de Manning: 0,1
- o Pendent: 2%
- Capa de sòl:
 - o Profunditat: 500 mm
 - o Porositat: 0.5
 - o Capacitat de camp: 0,2
 - o Punt de marçament: 0,1
 - o Conductivitat: 50 mm/h
 - o Pendent de conductivitat: 10
 - o Cap de succió: 3.5 mm.
- Capa d'emmagatzematge:
 - o Profunditat: 400 mm.
 - o Relació de buits: 0,4
 - o Taxa d'infiltració: 10 mm/h
 - o Factor de colmatació: 0

Simulació i comparació d'escenaris

Un cop creats tots els fitxers d'entrada pel SWMM (un per cada escenari), se simulen a SWMM en un high performance clustering utilitzen GNU Parallel (Tange, 2011).

Un cop finalitzades totes les simulacions, per a cada escenari s'obre l'informe generat per SWMM i s'extreuen els volums sobreexits per les sortides a medi del sistema unitari. El volum total sobreexit per cada escenari es resta del sobreexit de l'escenari actual, per tenir les descàrregues evitades per el SUDS implementat en aquell escenari.

En paral·lel, també es consulta l'error de continuïtat de flux del model per assegurar que la implementació del SUDS no ha generat un error addicional en els càlculs de cabal.

A partir de la cartografia base i de cada escenari (on s'ha reconvertit l'ús del sòl a SUDS en el subcatchment candidat), es calculen tres indicadors amb el paquet *ediblecity* (Pueyo-Ros et al., 2023):

- Percentatge d'habitatges a menys de 300 metres d'una àrea verda superior a 0,5 ha.
- Ràtio entre els metres quadrats de verd (incloent els espais privats) per habitant entre el barri amb el valor més baix i el barri amb el sector més alt.
- Estimació del segrest de NO₂ per part de la vegetació urbana.

El resultat dels indicadors es resta del valor en pels mateixos indicadors a l'escenari actual.

Simulació d'un escenari amb SUDS implementats a tots els candidats

Finalment, també se simula un escenari on totes les subconques identificades a l'exercici anterior tenen un SUDS implementat. El SUDS s'implementen seguint el mateix mètode de l'apartat anterior, però enlloc d'un SUDS per escenari, en aquest cas se simulen tots els SUDS junts per valorar quin impacte conjunt tindria implementar tots els SUDS seleccionats com a candidats.

RESULTATS

El mètode utilitzat per simular el hietograma per una pluja de 12 hores i un retorn de 50 anys, genera un pluja acumulada total de 151 mm (Figura 1), que es concentra principalment a la meitat de l'episodi de pluja. Pel total de la superfície modelitzada, això representa un volum total d'aigua de 2.848 ML (milions de litres).

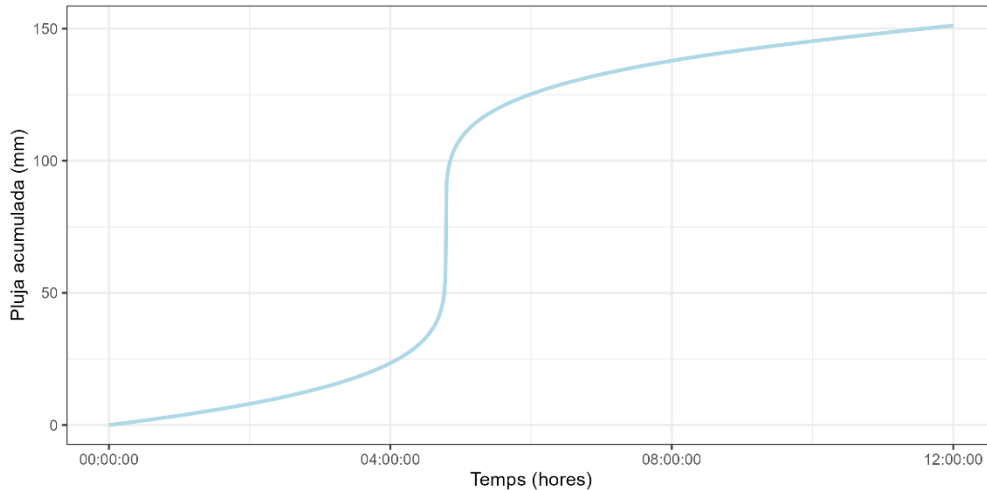


Figura 1. Pluja simulada acumulada en 12 hores. Correspon a la pluja per un retorn de 50 anys

Comparació d'escenaris a partir de l'escenari actual

A l'escenari actual, segons el model SWMM, les descàrregues del sistema unitari directes a medi equivalen a 725 ML (error 0.7%) per a la precipitació simulada. Aquests 725 ML representen el 25% de la pluja caiguda durant la simulació.

Després d'aplicar els criteris per seleccionar subconques on simular la implementació d'un SUDS, apareixen 22 candidats. La majoria d'ells se situen a les zones poc centríques de la ciutat, coincidint amb els espais on hi ha més disponibilitat d'espais lliures (Figura 2). Les subconques candidates tenen una superfície mitjana de 11.398 m² ($\pm$ 1.219). El més extens és una zona verda a la zona de Palau coneguda com a Mas Barril, amb una àrea de 27.711 m² mentre que el més petit és la plaça Vázquez Montalbán amb una superfície de 5.214 m².

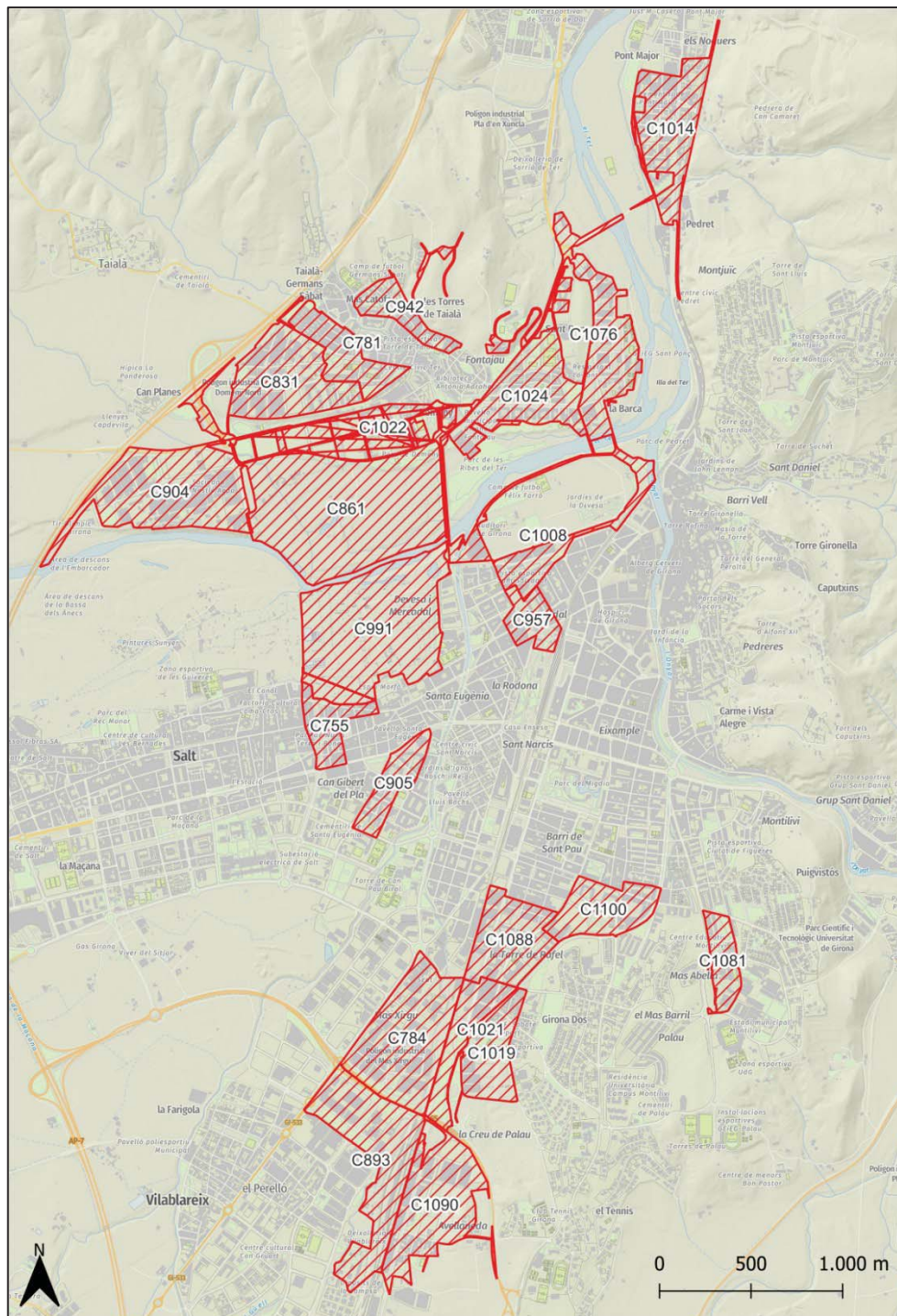


Figura 2. Mapa de les subconques candidates on implementar-hi un SUDS

El SUDS més eficaç segons el model a l'hora de reduir les DSU és el SUDS simulat a la subconca C1024 (Figura 3), coincidint amb la zona de la Rambla Xavier Cugat i l'aparcament del pavelló de Fontajau. Allà es podria construir SUDS per una superfície total de 3.4 ha repartits entre diferents parts de la subconca. Aquest sistema de SUDS evitaria, segons els resultats del model, 9.4 ML de volum sobreixit pel sistema de descàrrega unitària. Aquests volums s'evitarien principalment en dos sobreixidors, 4.2 ML al sobreixidor de les Ribes del Ter i 2.6 ML al sobreixidor de la riera Bullidors a l'alçada del carrer Sant Gregori. No obstant, caldrien estudis de detall per assegurar que l'aparcament del pavelló de

Fontajau (on hi aniria el SUDS més extens) drena la totalitat de les seves aigües cap al clavegueram. En tot cas, un SUDS allà evitaria que l'aigua d'escorrentia de l'aparcament, també altament contaminada (Cojoc et al., 2024) acabés drenant directament al riu.

La segona subconca on seria més eficaç implementar un SUDS, segons el model, seria a la subconca C893, a la zona de Mas Xirgu. Aquí es podrien construir SUDS per una superfície de 2.6 ha. El sistema evitaria la descàrrega de 6 ML del sistema unitari, la major part d'ells al riu Güell a l'alçada de Mas Xirgu.

També és rellevant la tercera subconca en volum, coincidint amb l'Institut Montilivi (subconca C1081). Construir un SUDS als jardins de V. Ballester i Camps de només 0.9 ha suposaria una reducció de 4.3 ML de sobreiximents. La major part d'aquest volum es reduiria del sobreixidor de Països Catalans, aquest sobreixidor té un impacte especial a l'estar situat al riu Onyar, uns metres més amunt del seu pas pel centre de la ciutat. Amb aquest SUDS també es reduiria part del volum sobreixit al riu Ter a l'alçada de l'Hospital Josep Trueta.

Pel que fa a la resta d'indicadors calculats, la majoria de SUDS no tenen un impacte significatiu respecte de l'escenari actual. L'únic indicador que millora respecte l'escenari actual és el del segrest de NO_2 , en el millor dels escenaris, el que simula un SUDS de 3 Ha a la subconca C1008, a la zona del Palau de Fires i carrer Joaquim Vayreda, el segrest augmenta 2.22 gr/s, el que suposa una millora del 0.15% respecte de l'escenari actual.

En cap dels escenaris es millora l'accés als espais verds, ni mesurat com a percentatge de cases amb un espai verd de més de 0,5 Ha a menys de 300 metres ni comparant el verd per càpita als dos barris amb valors extrems.

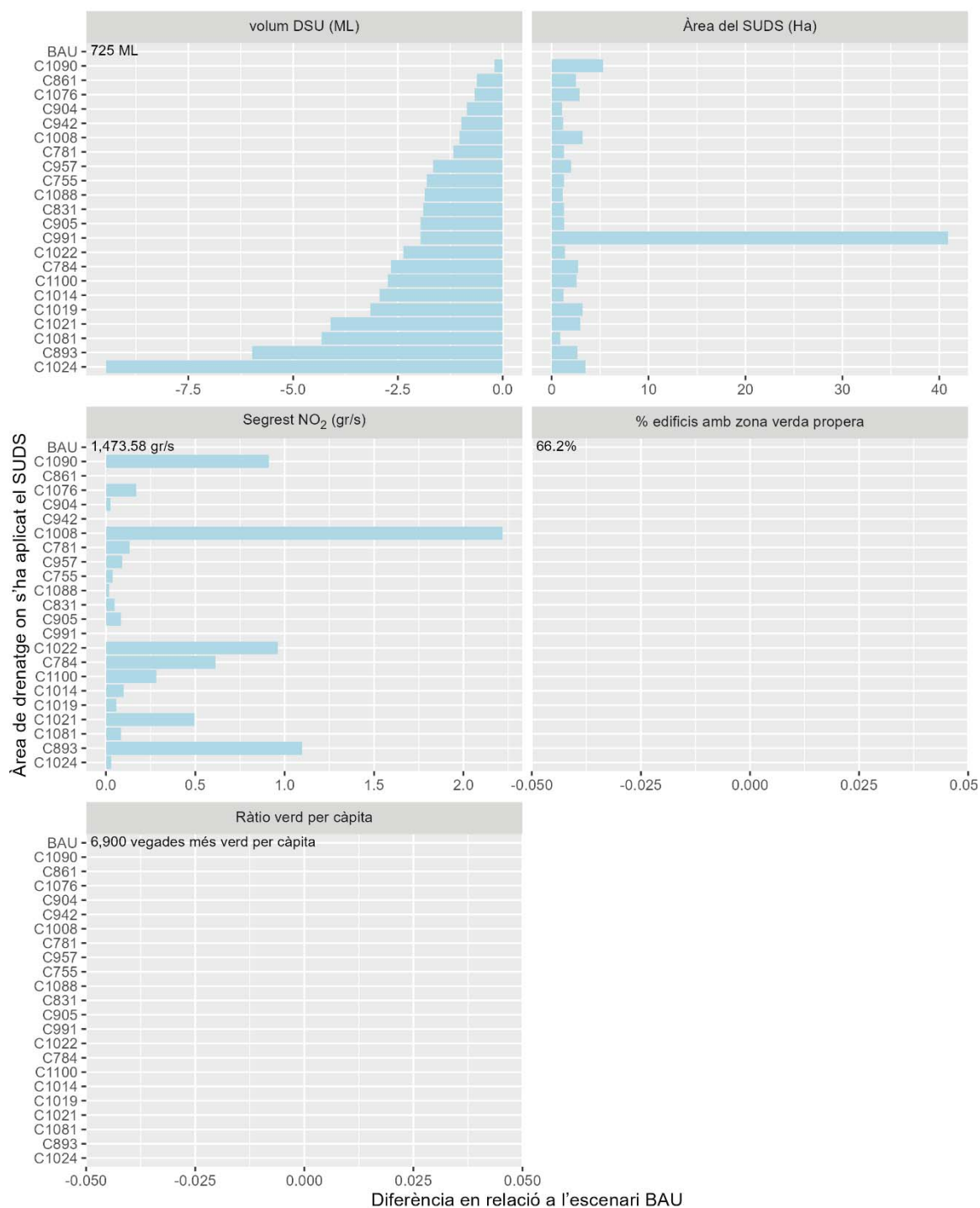


Figura 3. Comparació dels diferents escenaris on s'ha simulat la implementació d'un SUDS. Els números a escenari actual representen els valors absoluts per aquell indicador de l'escenari actual.

Simulació d'un escenari amb tots els SUDS implementats

Com a nota final, s'ha simulat un escenari on s'ha implementat un SUDS a totes les 22 subconques candidates, per veure l'efecte conjunt dels 22 SUDS si mai es poguessin implementar. El principal resultat d'aquesta simulació és que amb tots 22 SUDS es reduirien 35 ML de volum sobreexigit del sistema unitari. Això representa quasi un 5% del volum sobreexigit per la pluja simulada, que cal recordar és una pluja extrema de 151 mm en 12 hores, equivalent a un retorn de 50 anys.

Si utilitzem un pluja de retorn de 2 anys (61 mm en 12 hores), el volum sobreexigit a l'escenari actual és de 335 ML i el volum sobreexigit simulant la implementació dels 22 SUDS és de 313 ML, suposant una reducció del 6.5%. Es pot observar que els SUDS tenen una efectivitat molt similar en pluges moderades i extremes, fent-los més apropiats per adaptar-se als fenòmens extrems, mentre que per les pluges moderades, possiblement siguin més eficaços altres sistemes convencionals. No obstant, cal tenir en compte que els candidats s'han seleccionat per la pluja de retorn de 50 anys i possiblement uns altres candidats oferirien millors condicions si s'avaluessin per un pluja menor.

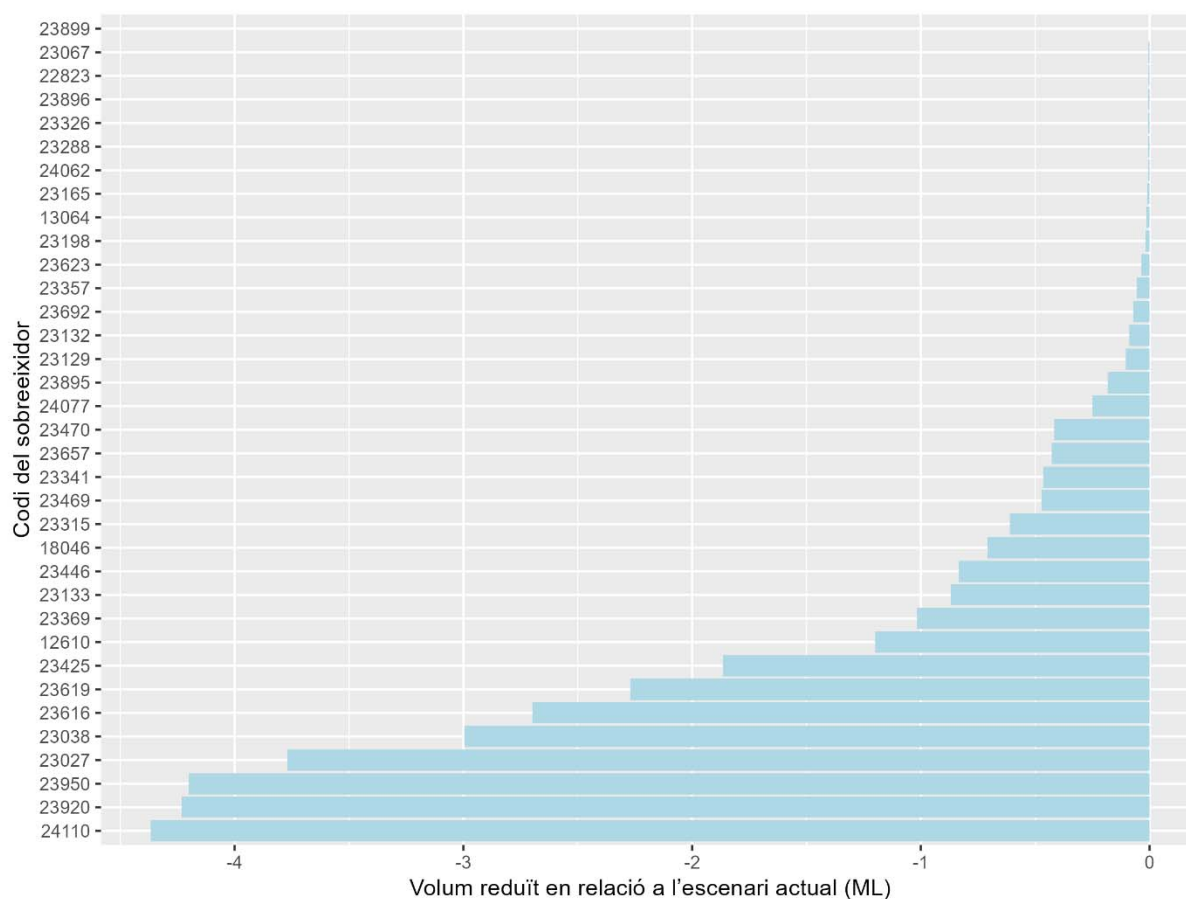


Figura 4. Volum reduït en cadascuna de les sortides directes a medi del sistema unitari de Girona.

Els sobreexidor on hi ha una reducció més important de volum sobreexigit si s'implementen els 22 SUDS son, segons el model, per ordre, el sobreexidor del riu Ter a l'alçada de l'Hospital Josep Trueta, el sobreexidor de les Ribes del Ter a l'alçada del Pont de la Barca i el de la riera dels Bullidors a l'alçada del carrer Sant Gregori, i el sobreexidor del riu Ter a l'aparcament de la Copa (Figura 4). El sobreexidor del riu Onyar a la plaça de Països Catalans el trobem en el 8è llocs per ordre de volum reduït. A la Figura 5 es pot veure un mapa amb la situació de tots els sobreexidors i el seu codi en el model.



Figura 5. Mapa dels sobreexidors del sistema unitari amb sortida directa a medi.

Pel que fa als altres indicadors, l'escenari amb 22 SUDS simulats, generaria un segrest de NO₂ de 1.481 gr/s, un increment del 0.47%. Pel que fa a l'accés als espais verds. El 66% d'edificis que tenien una zona verda de més de 0.5 Ha a menys de 300 m, es converteix en un 71%, incrementen un 5%. Pel que fa al verd per càpita, la ràtio entre els dos sectors amb valors extrems no millora. Però sí que es veuen millores en alguns sectors puntuals (Figura 6). El barri on més augmenta la superfície verda és Santa Eugènia, un barri on ja n'hi havia molta, sobretot per la zona de les hortes. En segon lloc hi ha el sector de Mas Xirgu, aquí l'increment de verd per càpita és més rellevant ja que és un sector on hi ha menys espais verds per càpita que en altres barris.

Algunes limitacions d'aquesta aproximació és que no es consideren les zones fora de l'entramat urbà. Per exemple, Germans Sàbat és el sector amb menys espais verds, però el sector és limítrof amb l'àrea urbana i per tant, té accés a les zones boscoses que limiten amb aquest entramat urbà.

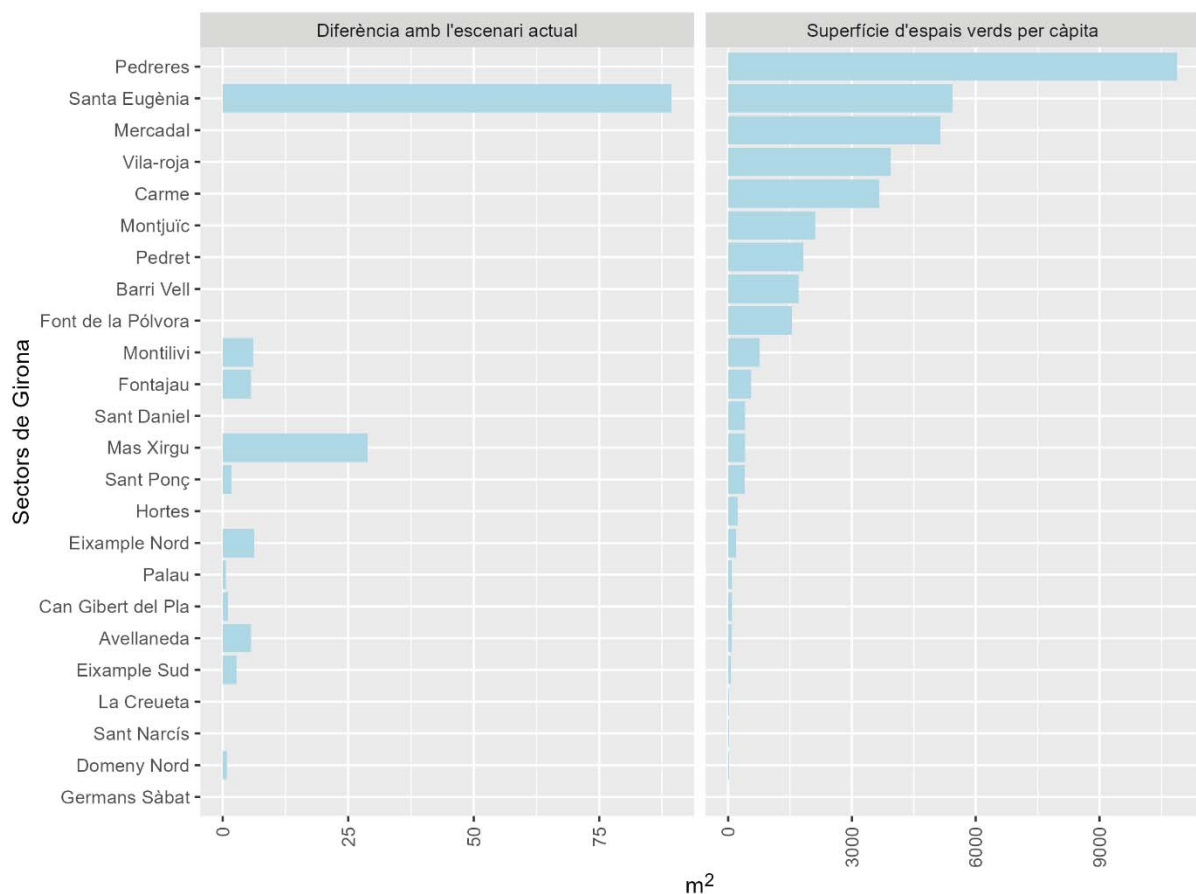


Figura 6. Superfície d'espai verd per càpita en cada sector de Girona en l'escenari actual i comparació amb l'escenari amb 22 SUDS implementats.

CONCLUSIONS

El model hidrològic-hidràulic desenvolupat per a la ciutat de Girona ha permès quantificar amb detall el funcionament del sistema unitari de drenatge davant d'episodis de pluja intensa i avaluar el

potencial dels Sistemes Urbans de Drenatge Sostenible (SUDS) com a mesura per reduir les descàrregues al medi.

Els resultats mostren que les descàrregues actuals representen aproximadament el 25 % de la pluja caiguda en un episodi extrem de 151 mm en 12 hores, equivalent a un període de retorn de 50 anys. La incorporació de SUDS en les subconques amb major contribució al sistema permetria reduir aquest volum de sobreiximent de manera significativa, amb una eficàcia variable segons la localització i la superfície disponible. Els escenaris individuals indiquen que un únic SUDS pot reduir fins a 9,4 ML de descàrregues, mentre que la implementació conjunta dels 22 candidats comportaria una reducció global de 35 ML, és a dir, prop d'un 5% del volum total sobreixit.

Tot i que l'impacte sobre altres indicadors ambientals i socials és més modest —amb millores puntuals en el segrest de NO₂ i en l'accés als espais verds—, els resultats confirmen que la planificació dels SUDS pot contribuir de manera efectiva a la mitigació de les descàrregues de sistemes unitaris i a la renaturalització urbana.

Finalment, l'estudi posa de manifest la necessitat de complementar aquesta anàlisi amb estudis de detall a escala de barri i amb una avaluació econòmica i hidràulica més precisa. El model establert constitueix una base sòlida per a la futura prioritització i planificació estratègica de SUDS a Girona, en el marc de les polítiques municipals d'adaptació al canvi climàtic i millora de la qualitat de l'aigua.

BIBLIOGRAFIA

- Botturi, A., Ozbayram, E. G., Tondera, K., Gilbert, N. I., Rouault, P., Caradot, N., Gutierrez, O., Daneshgar, S., Frison, N., Akyol, Ç., Foglia, A., Eusebi, A. L., & Fatone, F. (2021). Combined sewer overflows: A critical review on best practice and innovative solutions to mitigate impacts on environment and human health. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(15), 1585–1618. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1757957>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., & Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2017.02.056>
- Cojoc, L., de Castro-Català, N., de Guzmán, I., González, J., Arroita, M., Besolí-Mestres, N., Cadena, I., Freixa, A., Gutiérrez, O., Larrañaga, A., Muñoz, I., Elosegi, A., Petrovic, M., & Sabater, S. (2024). Pollutants in urban runoff: Scientific evidence on toxicity and impacts on freshwater ecosystems. *Chemosphere*, 369, 143806. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.143806>
- Joshi, P., Leitão, J. P., Maurer, M., & Bach, P. M. (2021). Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on combined sewer overflows. *Water Research*, 191, 116780. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2020.116780>
- Keifer, C. J., & Chu, H. H. (1957). Synthetic Storm Pattern for Drainage Design. *Journal of the Hydraulics Division*, 83(4). <https://doi.org/10.1061/JYCEAJ.0000104>
- La Rosa, D., & Pappalardo, V. (2020). Planning for spatial equity - A performance based approach for sustainable urban drainage systems. *Sustainable Cities and Society*, 53. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2019.101885>

- Masi, F., Sarti, C., Cincinelli, A., Bresciani, R., Martinuzzi, N., Bernasconi, M., & Rizzo, A. (2023). Constructed wetlands for the treatment of combined sewer overflow upstream of centralized wastewater treatment plants. *Ecological Engineering*, 193, 107008. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2023.107008>
- Passerat, J., Ouattara, N. K., Mouchel, J. M., Vincent Rocher, & Servais, P. (2011). Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine River. *Water Research*, 45(2), 893–903. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2010.09.024>
- Pueyo-Ros, J., Comas, J., & Corominas, L. (2023). ediblecity: an R package to model and estimate the benefits of urban agriculture. *Open Research Europe*, 3. <https://doi.org/10.12688/OPENRESEUROPE.16054.2>
- Radinja, M., Comas, J., Corominas, L., & Atanasova, N. (2019). Assessing stormwater control measures using modelling and a multi-criteria approach. *Journal of Environmental Management*, 243, 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.102>
- Rosa, D. J., Clausen, J. C., & Dietz, M. E. (2015). Calibration and Verification of SWMM for Low Impact Development. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(3), 746–757. <https://doi.org/10.1111/JAWR.12272>
- Tange, O. (2011). GNU Parallel - The Command-Line Power Tool. *The USENIX Magazine*, February, 42–47.
- Tibbetts, J. (2005). Combined sewer systems: Down, dirty, and out of date. *Environmental Health Perspectives*, 113(7). <https://doi.org/10.1289/EHP.113-A464/ASSET/D402CA7E-6EBB-4E35-B00F-59AD66DEA12F/ASSETS/GRAPHIC/EHP0113-A00464F2.JPG>

Plaça del Vi, 1
17004 GIRONA
Tel. 972 419 442
www.girona.cat

