

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***DRAINATZE SAREKO URAREN KALITATEA
HOBETZEKO HIRI-DRAINATZE JASANGARRIEN
AZTERLANA LEIOAKO CAMPUSEAN (UPV/EHU).***

Ikaslea: González Pérez, Ander

Zuzendaria: Madrazo Uribeetxebarria, Eneko

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko uztailaren 23an



BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

*Nire familiari,
honaino heltzeko beharrezkoak izan ditudan
baliabideak nire esku jartzeagatik eta bidai luze
honetan nire alboan egoteagatik.
Nire lagunei,
momenturik latzenetan beharrezkoa
nuen alaitasuna eskaintzeagatik.
Eneko, nire tutoreari,
Hainbeste pazientzia izateagatik eta
Ingeniaritza Zibileko munduari diodan
maitasuna berresten laguntzeagatik.
Nire Erasmuseko familiari (OT),
mundu akademikotik kanpoko bizitza existitzen
dela gogorarazteagatik eta nire bizitzako
urterik onenaren parte izateagatik.*

Laburpena

Ingeniaritza Zibileko azterlan hau Campus Bizia Lab proiektuaren barruan egin da. Helburu nagusia Erandioko eta Leioako udalerrien artean kokatuta dagoen Euskal Herriko Unibertsitatearen Leioako Campusean euri-isurketan geratzen diren elementu kutsatzaileen karakterizazioa egitea da. Azterlan horretan oinarrituta, proposamen bat egingo da Hiri-drainatze Sistema Jasangarriak (SUDS) campus horretan aplikatu eta isuritako uren kutsatze-maila murrizteko. Análisi eta diseinu guztia 2030erako Agenda Iraunkorrerako ekimenetan oinarritua dago, garapen jasangarria eta ekonomia zirkularra sustatuz.

Honakoa burutzeko, drainatze jasangarriko sistemak eta elementu eta agente kutsatzaileak matematikoki modelizatuko dira EPA-SWMM ereduarekin abiarazitako simulazio baten bidez, kutsatzaile nagusien bolumena kalkulatu eta eremu gatazkatsuak identifikatu. Legediak ezarritako balio onargarri minimo batzuk irizpidetzat hartuta, arazo sorburuetan drainatze sistema jasangarriak aplikatuko dira, ur kutsatuak saneamendu-sare orokorrera heldu aurretik tratatzeko.

Simulazioak emandako datuei eta informazioari esker, kutsatze-maila altuena duen eremuetan aplikatutako soluzioen eraginkortasuna ezarri ahal izan da. Proposatutako sistemek Campusaren eremuaren % 3 hartu dute eta kutsatzaile ezberdinen puntako kontzentrazioak % 13 inguru murriztea lortu dute.

Hitz gakoak: SUDS, drainatze jasangarria, SWMM, uraren kalitatea, kalitatearen modelizazioa, elementu kutsakorak, GIH, 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako.

Resumen

Este estudio de Ingeniería Civil se ha llevado a cabo dentro del proyecto Campus Bizia Lab. El objetivo principal es realizar un estudio para la caracterización de los elementos contaminantes inmersos en la escorrentía superficial generada por las precipitaciones en el Campus de Leioa de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, situado entre los municipios de Erandio y Leioa. En base a este estudio, se realizará una propuesta para la aplicación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en dicho campus con el objetivo de reducir la contaminación en la escorrentía. Todo análisis y diseño está basado en iniciativas de la Agenda Sostenible 2030, promoviendo el desarrollo sostenible y la economía circular.

Para ello, tanto los sistemas de drenaje sostenible como los elementos y agentes contaminantes externos se modelizarán matemáticamente mediante una simulación realizada con el modelo EPA-SWMM, calculando el volumen de los contaminantes principales e identificando las zonas conflictivas. Tomando como criterio unos valores aceptables mínimos establecidos por la legislación, se aplicarán sistemas de drenaje sostenible de cara a realizar el tratamiento antes de que las aguas contaminadas lleguen a la red general de saneamiento.

Los datos e información suministrados por la simulación han permitido establecer la eficacia de las soluciones aplicadas en las zonas con mayor presencia de elementos contaminantes. Los sistemas propuestos suponen el 3% del área del Campus y han conseguido reducir las concentraciones punta de los elementos contaminantes en torno a un 13%.

Palabras clave: SUDS, drenaje sostenible, SWMM, calidad del agua, modelización de la calidad, elementos contaminantes, ODS, Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Abstract

This Civil Engineering thesis research has been carried out within the Campus Bizia Lab project. The main objective is to develop the study of the characterisation of the polluting elements immersed in the surface runoff generated by rainfall on the Leioa Campus of the University of the Basque Country/Euskal Herriko Unibertsitatea, located between the municipalities of Erandio and Leioa. Based on this study, a proposal will be made for the application of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) on this campus with the purpose of reducing pollution in the runoff. All analysis and design is based on initiatives for the 2030 Sustainable Agenda, promoting sustainable development and the circular economy.

To this end, both the sustainable drainage systems and the external polluting elements and agents will be mathematically modelled by means of a simulation carried out with the EPA-SWMM model, calculating the volume of the main pollutants and identifying the conflictive areas. Taking as a criterion minimum acceptable values established by legislation, sustainable drainage systems will be applied in order to carry out treatments before the polluted water reaches the general sewerage network.

Although environmental criteria predominate, aesthetics, functionality, sustainability and economic aspects have been variables taken into account during the research.

The data and information provided by the simulation have made it possible to establish the effectiveness of the solutions applied in the areas where the level of pollution was high. The proposed systems account for 3% of the Campus area and have managed to reduce pollution peak concentrations by around 13%.

Keywords: SUDS, sustainable drainage, SWMM, water quality, water quality modelling, pollutants, SDGs, 2030 Agenda for Sustainable Development.

Aurkibidea

Laburpena	4
Resumen	4
Abstract.....	5
Irudien aurkibidea.....	9
Taulen aurkibidea	11
Grafikoen aurkibidea	12
1. Sarrera.....	1
1.1. Lanaren helburua eta irismena	1
1.2. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako	1
1.3. Campus Bizia Lab.....	3
2. Uraren zikloa hirigunean.....	1
2.1. Uraren ziklo naturala	1
2.2. Ura hiri-eremuetan	5
2.3. Hiri-uren kudeaketa konbentzionala	7
3. Kutsadura uretan	8
3.1. Kutsatzaile nagusiak: izaera kimikoa, jatorria eta euren eragina naturan.....	8
3.1.1. Suspentsioan dauden solidoak	9
3.1.2. Fosforo totala.....	10
3.1.3. Nitrogeno totala.....	11
3.1.4. Kobrea	11
3.1.5. Beruna.....	12
3.1.6. Zinka.....	12
3.2. Legedia	13
4. Hiri-drainatze sistema jasagarriak	13
4.1. Mota nagusiak.....	14
4.1.1. Bio-erretentzio sistemak.....	14
4.1.2. Infiltrazio zangak eta putzuak	16
4.1.3. Zoladura iragazkorrak	18
4.1.4. Txorko estrukturalak	20
4.1.5. Sare-formako biltegiak.....	21
4.1.6. Areka begetatua.....	22
4.1.7. Teilatu begetatua	22
4.2. Tipologia ezberdinen arteko alderaketa	23

4.3. Hiri-drainatze sistema jasangarrien eragina uraren kalitatean	25
5. Storm Water Management Model.....	26
5.1. Ur-zikloaren interpretazioa SWMM modeloan	26
5.2. Meteorologiaren karakterizazioa.....	27
5.3. Ingurunearen karakterizazio hidrologikoa	28
5.4. Ingurunearen karakterizazio hidraulikoa	28
5.5. Elementu kutsakorren karakterizazioa	29
5.6. SUDS-en karakterizazioa	32
5.6.1. LID Control Editor	32
5.6.2. LID Usage Editor	34
6. Azterketa eremua	35
6.1. Kokapena.....	36
6.2. Geologia eta lurren morfologia.....	36
6.3. Hidrologia.....	37
6.4. Klimatologia	38
6.4.1. Prezipitazioak.....	39
6.4.2. Temperatura	40
6.4.3. Hezetasuna.....	41
7. Gaur egungo egoera.....	42
7.1. Egungo egoeraren eredu matematikoa	42
7.1.1. Diseinu-euriak	42
7.1.2. Euririk egin ez duen egun kopurua	42
7.1.3. Elementu kutsakorrak.....	43
7.1.4. Erabilpen-eremuak.....	44
7.1.5. SUDS-ak.....	45
7.2. Gaur egungo egoeraren simulazioa	47
8. Hiri-drainatze-sistema jasangarrien aplikazioa.....	51
8.1. SUDS-en diseinu eta kokapena	51
8.2. Simulazioa SUDS-ak instalatu ondoren.....	53
9. Obra zibila	55
9.1. Materialak.....	55
9.2. Eraikitze-prozesua.....	56
9.2.1. Bio-erretentzio zelulak.....	56
9.2.2. Zoladura iragazkorra	59

10. Aurrekontua	62
11. Ondorioak	64
12. Etorkizunerako jarraibideak	64
13. Legedia	65
13.1. Europa mailan	65
13.2. Espainia mailan	66
13.3. Autonomia Erkidego eta udalerrri mailan	67
15. Eranskinak	68
14. Bibliografia	68

Irudien aurkibidea

1. Irudia. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako ekimenaren logoa. Iturria: Nazio Batuak.....	2
2. Irudia. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako ezarritako GIH-ak. Iturria: gipuzkoa.eus.....	3
3. Irudia. Campus Bizia Lab-aren logoa. Iturria: www.ehu.eus.....	1
4. Irudia. EHUsuds proiektuaren logoa. Iturria: www.ehu.eus.....	1
5. Irudia. Ziklo hidrológico naturala. Iturria: Wasserkreislauf.png	5
6. Irudia. Uraren metabolismo linearra. Iturria: Antonio Miguel Rodríguez Arbelo.....	6
7. Irudia. Uraren metabolismo zirkularra. Iturria: Antonio Miguel Rodríguez Arbelo.....	7
8. Irudia. Hiri-uren gestio konbentzionalaren eskema. Iturria: Aqualia	8
9. Irudia. eutrofizazioa pairatu duen ur-masa. Iturria: ecologiaverde.com.....	11
10. Irudia. Bio-erretentzio zelula. Iturria: London Borough of Haringey (2018).....	15
11. Irudia. Bio-erretentzio sistema Seattle-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: biocycle.net.....	16
12. Irudia. Bio-erretentzio sistema Raleigh-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: deeproot.com.....	16
13. Irudia. infiltrazio zangak eta putzuak. Iturria: Minnesota Pollution Control Agency (2019)	17
14. Irudia. Infiltrazio-zanga Plymouth-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: malvern.org	18
15. Irudia. Infiltrazio-zanga Lancaster-ren, Erresuma Batua. Iturria: cityoflancasterpa.com.....	18
16. Irudia. A motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	19
17. Irudia. B motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	19
18. Irudia. C motatako zoladura iragazkorra. Iturria: The SUDS Manual (2015).	19
19. Irudia. Zoladura iragazkorrak. Iturria: University of Cincinnati (2016)	19
20. Irudia. Zoladura iragazkorra Oregon-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: portlandoregon.gov.	20
21. Irudia. Zoladura iragazkorra Johannesburgo-n, Sudafrika. Iturria: bft-international.com	20
22. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: City of Burlington (2018)	21
23. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: swanwatersolutions.com	21
24. Irudia. Sare-formako biltegiak. Iturria: University of Cincinnati (2016).....	21
25. Irudia. Sare-formako biltegiak Bétera-n, Espainia. Iturria: Green Blue Management.....	21
26. Irudia. Areka begetatuak. Iturria: Clean Water Services (2016)	22
27. Irudia. Areka begetatua Massachusetts-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: megamannual.geosyntec.com	22
28. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: NHBC Foundation (2010).....	23
29. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: frontbuildingproducts.com	23
30. Irudia. SUDS-en aukeraketa egiteko eskema. Iturria: Guía básica de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castelló de la Plana.	24
31. Irudia. SWMM-en uraren zikloaren interpretazioa. Iturria: egileak osatua.	27
32. Irudia. Bioerretentzio zelula, infiltrazio-zanga eta zoladura iragazkorra. Iturria SWMM modelo.	34
33. Irudia. UPV/EHU-ren Bizkaiko Campusaren ikuspegi orokorra. Iturria: argazki.irekia.euskadi.eus	35
34. Irudia. UPV/EHU-ren Bizkaiko Campusaren goitiko bista. Iturria: geoeuskadi.eus	35
35. Irudia. Bilboaldeko mapa estratografikoa, Leioako Campusa laukizuzen berdean sartuta. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).....	36
36. Irudia. Kretaziko eta tertziarioko materialak. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).....	37
37. Irudia. Koaternarioko materialak. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).....	37

38. Irudia. Hilabeteko bataz besteko prezipitazioaren eboluzioa. Iturria: “Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo N°10. Redes de Pluviales y Fecales”	39
39. Irudia. Batezbesteko tenperatura maximo eta minimoak Leioan. Iturria: weatherspark.com	40
40. Irudia. Orduko batezbesteko tenperatura, koloreen arabera kodifikatutako bandetan. Iturria: weatherspark.com	41
41. Irudia. Bilboko Aireportuko IDF kurbak. Iturria: “Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo N°10. Redes de Pluviales y Fecales”	42
42. Irudia. SWMM-eko "Statistics" leihoan adierazitako informazioa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	43
43. Irudia. Azterketa eremuko erabilpen-eremua. Iturria: egileak osatua.	45
44. Irudia. Bio-erretentzio zelulak elementu kutsakorrak arazteko duen efizientzia. Iturria: egileak osatua.....	47
45. Irudia. Zoladura iragazkorak elementu kutsakorrak arazteko duen efizientzia. Iturria: egileak osatua.....	47
46. Irudia. Sistemaren kontrol puntuak, triangelu urdin batez adieraziak. Iturria: egileak osatua.	48
47. Irudia. 119 (urdina) eta O154 (laranja) kontrol-puntuetara isurtzen dituzten azalerak. Iturria: egileak osatua.	49
48. Irudia. Leioako Campusean aplikatuko diren SUDS-en ikuspegi orokorra. Iturria: egileak osatua	51
49. Irudia. Bio-erretentzio zelula baten eredu-sekzioa. Iturria: egileak osatua.	52
50. Irudia. Zoladura iragazkor baten eredu-sekzioa. Iturria: egileak osatua.	52
51. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: University of Maryland	57
52. Irudia. Drainatze-tutueria legar-geruzaren gainean. Iturria: University of Maryland	57
53. Irudia. Lur-nahastearen betelana. Iturria: Washington Stormwater Center	58
54. Irudia. Landare-diaren kokapena. Iturria: Biofilta.....	58
55. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: geotexan.com	60
56. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: rafiaindustrial.com	60
57. Irudia. Asfalto-makina. Iturria: Sammya Nig Ltd.....	61
58. Irudia. Zoladura iragazkorra. Iturria: 360º en Concreto - Blog Argos	61

Taulen aurkibidea

1. Taula. SUDS-ek parametro ezberdinengan (elementu kutsatzaileak besteak beste) duten eraginaren inguruan egindako ikerketa kopurua. Iturria: Performance o flow impact development best management practices: a critical review.	9
2. Taula. SUDS-ek parametro ezberdinengan (elementu kutsatzaileak besteak beste) duten eraginaren inguruan egindako ikerketa kopurua. Iturria: Performance o flow impact development best management practices: a critical review.	9
3. Taula. SUDS ezberdinen arazte-parametroak. Iturria: “Woods-Ballard et al. (2015)”-tik egokituak.	24
4. Taula. SUDS tipologia bakoitzaren elementu kutsakorren arazte-indizeak. Iturria: Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”-tik egokituak.....	25
5. Taula. Bilboko Aireportuko estazio meteorologikoa. Iturria: Meteorologiako Estatu Agentzia AEMET	38
6. Taula. Bilboko Aireportuan neurturiko parametro klimatiko orokorrak. Iturria: Meteorologiako Estatu Agentzia AEMET.....	39
7. Taula. Hezetasun erlatiboa Leioan 2020. urtean. Iturria: Euskalmet	41
8. Taula. Elementu kutsatzaileen parametroak. Iturria: “Modeling Pollutant Buildup and Washoff Parameters for SWMM Based on Land Use in a Semiarid Urban Watershed”-tik egokituak.	44
9. Taula. Elementu kutsatzaileen parametroak. Iturria: “Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality”-tik egokituak.....	44
10. Taula. SUDS ezberdinak definitzeko parametroak. Iturria: “Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality”-tik egokituak	46
11. Taula. Elementu kutsakorren egoera simulazio hasieran. Iturria: SWMM-etik lorturiko datua. ...	47
12. Taula. Nitrogeno totalaren kontzentrazioak 119 eta O154 kontrol-puntuetan. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	50
13. Taula. Aplikaturko diren SUDS-en tipologia, kokapena eta azpiarroan suposatzen duten azalera. Iturria: egileak osatua.	52
14. Taula. SUDS-ak definitzeko parametroak. Iturria: egileak osatua	53
15. Taula. Elementu kutsakorren egoera simulazio amaieran. Iturria: SWMM-etik lorturiko datua...	53
16. Taula. Kontrol-puntu bakoitzeko SUDS-en informazioa eta puntako kontzentrazioen aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.....	54
17. Taula. Prezio-unitarioak. Iturria: basepreciosconstruccion.gobex.es-tik egokituak.....	62
18. Taula. Bio-erretentzio zelulak eraikitzeke kostuak. Iturria: egileak osatua	62
19. Taula. Zoladura iragazkorak eraikitzeke kostuak. Iturria: egileak osatua.	63
20. Taula. Aurrekontuaren laburpena. Iturria: egileak osatua.	63

Grafikoen aurkibidea

1. Grafika. Suspentsioan dauden solidoen arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”	25
2. Grafika. Nitrogeno totalaren arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”	25
3. Grafika. Fosforo totalaren arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”	25
4. Grafika. Hiru metaketa funtzioen alderaketa. Iturria: egileak osatua.	31
5. Grafika. Gaussen diagrama ombrotermikoa. Iturria: “Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo N°10. Redes de Pluviales y Fecales”	40
6. Grafika. Hezetasun erlatiboa Leioan 2020. urtean. Iturria: Euskalmet.....	41
7. Grafika. 119 kontrol-puntuko polutograma eta hidrograma. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	49
8. Grafika. O154 kontrol-puntuko polutograma eta hidrograma. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	50
9. Grafika. 107 kontrol-puntuko polutogramaren aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	55
10. Grafika. 119 kontrol-puntuko polutogramaren aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.	55



BILBOKO
INGENIARITZA
ESKOLA
ESCUELA
DE INGENIERÍA
DE BILBAO

1. Sarrera

1.1. Lanaren helburua eta irismena

Gradu Amaierako Lan hau ikerketa lana da, Euskal Herriko Unibertsitateak (UPV/EHU), Europako beste unibertsitateekin batera, martxan jarritako Campus Bizia Lab (CBL) programaren EHUusds proiektuaren barruan garatua. Proiektu honek EHU-ko Campusetan Hiri-Drainatze Sistema Jasangarriari (SUDS) buruzko ikerketak gauzatzea du helburu nagusi gisa, urbanizatze-prozesuak uraren zikloan duen eragina murriztuz, bai kantitatearen baita kalitatearen ikuspuntutik; hau guztia 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako ekimenak gauzaturiko Garapen Iraunkorrerako Helburuak (GIH) integratuz.

Aipaturiko EHUusds proiektu barruan hainbat azterlan garatu dira 2020/2021 ikasturtean eta Leioako Campusean bik jardun dute; hauen oinarri teorikoa komuna izan denez lanen abiapuntua elkarlanean gauzatu da, irizpide bateratuak izateko asmoz. Informazio-partekatze hau eranskinak erabiliz egin da:

- Leire Landeta Mugica-k “III. Eranskina: Azterketa geologikoa” eta “IV. Eranskina: Egungo modeloaren diseinua” dokumentuak prestatu ditu.
- Ander González Pérez-ek, lan honen egileak, “I. Eranskina: Hiri-drainatze sistema jasangarriak” eta “II. Eranskina: Storm Water Management Model” dokumentuak prestatu ditu.

Azterlan honen helburua da euri-uren ondorioz sorturiko isurketen kalitatea aztertzea. Horretarako erabiliko den tresna nagusia SWMM eredu matematikoa da. Ereduaren bitartez Leioako Campuseko lurrak modelizatu eta sareko ahultasunak identifikatuko dira bertan aplikatu daitekeen soluzioa, hiri-drainatze sistema jasangarrien bidez, ikertzeko.

1.2. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako

2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako nazioarteko hainbat erakundek adosturiko ekimena da, aurretik adosturiko Milurtekoko Garapen Helburuei (MGH) jarraipena emateko. Hiru ezaugarri nagusi ditu:

- Unibertsaltasuna. Herrialde guztiei zuzendutako ekintzarako deia da, ez bakarrik herrialde txiroei. Honela alde batera uzten da herrialde batzuek laguntza eman eta beste batzuek jaso egin behar izatea: herrialde guztiak daude garapen-bidean.
- Inor atzean ez uztea. Helburuak pertsona guztientzat dira, eta ahultasun-egoeran dagoen biztanlerian azpimarra berezia egin behar da.
- 17 GIHen integritasuna. Lehenengohelburuaren osagarria da, GIH guztien arteko interrelazio konplexuak erakusten baititu: ezin dira helburu batzuk beste batzuen gainetik jarri eta bakarrean jardun.

Nazio Batuen Erakundearen 2015eko irailaren 25eko Batzar Nagusian, estatu kide guztiek onartu zuten eta 2016ko urtarrilaren 1ean jarri zen indarrean: 15 urteko epea ezarri zuten Garapen Iraunkorrerako 17 Helburuak (GIH) eta 169 erronkak betetzeko. 17 helburu horiek MGHen lorpenetan oinarritzen dira, eta esfera berriak txertatzen dituzte; beste lehentasun batzuen artean, klima-aldaketa, desperekotasun ekonomikoa, berrikuntza, kontsumo iraunkorra, bakea eta justizia.

Aktore tradizionalen eta tradizionalak ez direnen arteko aliantzak ezartzea espero da, maila guztietako gobernuek (estatukoek, estatuz azpikoek eta tokikoek), gizarte zibilak, arlo akademikoak, sektore pribatuak eta Nazio Batuen sistemak barne.

2030 Agendak aurreko agendekiko aurrerapenak ekarri ditu eta ahaleginak egin dira, ahalik eta adostasun handiena biltzen saiatu den arren, 2030 Agendaren adierazpena, GIHak, ezarpen-baliabideak eta jarraipen-mekanismoak kolokan daude. Adierazpenean bertan, GIHeK kontraesan arriskutsuak dituzte. Hazkunde materialarekin eta ekonomikoarekin lotutako aspaldiko kontzeptuek bizirik jarraitzen dutela ikusten da, eta eredu hori ez da bateragarria benetan iraunkorra eta inklusiboa den eredu berri batekin.



1. Irudia. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako ekimenaren logoa. Iturria: Nazio Batuak

Azterlan honetarako 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako irizpide, helburu, ardatz eta erronkak oinarri bezala erabili dira, trantsizio ekologikoa eta ekonomia zirkularra sustatu eta garatzeko asmoz.

2030 Agendak Grapen iraunkorrerako bost ardatz definitzen ditu, 5P-ak (ingelesez Planet, People, Prosperity, Peace and Partnership), azterlan honek bi ardatzetan garatu delarik:

- Pertsonen ardatza: pobrezia-mota guztiak eta gosea desagertzeari egiten dio erreferentzia. Uren kalitatearen hobekuntzaren bidez baliabide hidrikoen kudeaketa egokia lor daiteke, ezinbestekoa den baliabide hau jende gehiagori ailegatuz.
- Planetaren ardatza. Planeta degradaziotik babestea. Ikusi den beza, uren kalitateak eragin zuzena du ekologia arloan, bai flora baita faunan ematen den oreka eta desorekak aldatuz.

Agendak 17 Garapen Iraunkorrerako Helburu (GIH) ezartzen ditu, euren artean azterlan honetan landuko direnak hauek direlarik:

- 6. Helburua. Saneamenduaren bermatzea.
- 11. Helburua. Hiri eta komunitate jasangarriak.
- 13. Helburua. Klima aldaketaren aurkako neurriak.
- 14. Helburua. Ur-baliabideak mantentzea.
- 15. Helburua. Lehorreko bizitza mantentzea.

Agendak 169 Garapen Iraunkorrerako erronka ezartzen ditu, euren artean azterlan honetan landuko den nagusia 6.3. erronka da. Honek honela dio: “Hemendik 2030era, uraren kalitatea hobetzea, alegia: kutsadura murriztea; hondakin, produktu kimiko eta material arriskutsurik ez isurtzea; tratatu gabeko hondakin-uren portzentajea erdira murriztea; eta arriskurik gabeko birziklapena eta berrerabilera nabarmen areagotzea mundu osoan”.

Baliabide naturalak erabiltzea uren tratatzea egiteko arkitektura eta ingeniariak zibilaren lorpen oso garrantzitsua da eta hiri jasangarriagoak eraikitzeke ahalmena dugu: hauetan baliabideak hobeto erabili eta berdeagoak diren auzoak eraiki daitezke, hiritarren bizitzaren kalitatea hobetuz.



2. Irudia. 2030 Agenda Garapen Iraunkorrerako ezarritako GIH-ak. Iturria: gipuzkoa.eus

1.3. Campus Bizia Lab

Campus Bizia Lab Programa Euskal Herriko Unibertsitatearen programa bat da, unibertsitateak parte hartu zuen Erasmus University Educators for Sustainable Development proiektutik eratorritako ekimena. Administrazio eta zerbitzuetako langileen, ikasleen eta irakasleen arteko lankidetzaprozesua abiarazi nahi du, azken hauetan diziplina arteko ikuspegia sortuz, unibertsitate barruko iraunkortasun-erronkei erantzuteko helburuarekin.

UPV/EHU-k martxan jarritako programa hau azken urteotan jasangarritasunerako hezkuntzaren arloko ekimen eta proiektuetan diharduten hainbat irakasleren arteko sinergiak artikulatzen eta sortzen saiatzen da. Ekimen eta proiektu horietako askok berrikuntzan oinarrituta daude, esaterako Arazo edo Proiektuetan Oinarritutako Ikaskuntza.

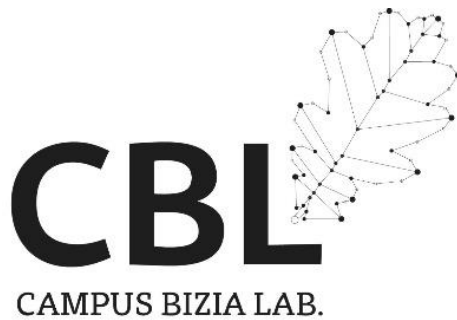
Campus Bizia Lab ikerketa edota ekintza prozesu multzo bat da, ikasleen artean eragin handiko praktika garatzea helburu duena, iraunkortasuna arloko erronketan oinarritutako ikaskuntza disziplinaz gaidiko ikuspegia hain zuzen ere; prozesu honetan, irakasleek ere praktika hauen ikertzaile gisa jarduten dute. Eragin handiko praktika honek curriculum-izaera izango du, eta lehen fase honetan, Gradu Amaierako Lanen (GrAL) eta Master Amaierako Lanen (MAL) bidez gauzatuko da.

Campus Bizia Lab proiektuen helburu nagusiak honako hauek dira:

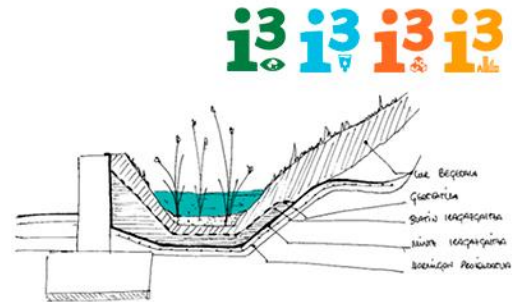
- Disziplinaz gaidiko komunitate bat sortzea, UPV/EHUko campusetan bertan hautematen diren jasangarritasun-arazo eta erronkak konponduz, hori guztia elkarlana sustatuz.
- UPV/EHUko campusetan jasangarritasunari lotutako inpaktu handiko ikaskuntza-prozesuak era egokian gauzatzea ahalbidetuko duen lan-taldeak diseinatu, garatu eta ebaluatu.

Campus Bizia Lab proiektu barruan espero den emaitza nagusia Campus Living Laben proiektu instituzional bat artikulatzea eta ikusaraztea, bere ekintza-eremua UPV/EHUko titulazio guztietara hedatzeko eta maila anitzeko praktika jasangarriak sortzea izanik.

Programa honen barruan EHU-suds proiektua garatzen da. Bere helburua Euskal Herriko Unibertsitateko campusetako (Bizkaiko Leioakoa eta Gipuzkoako Ibaletakoa) ahultasunak identifikatzea da eta horiek konpontzeko hiri-drainatze sistema jasangarrien erabilpena aztertzea, inguru horietako urbanizatzeko-prozesuak uraren zikloan duen eragina murriztuz eta campusen ingurumen-kalitatea eta paisaia hobetuz.



3. Irudia. Campus Bizia Lab-aren logoa. Iturria: www.ehu.eus



4. Irudia. EHU Suds proiektuaren logoa. Iturria: www.ehu.eus

2. Uraren zikloa hirigunean

Ura izaki bizidunontzako ezinbesteko baliabidea da: antzinetik uraren kontrola gizakion erronka nagusienetakoa izan da, horregatik ia zibilizazio guztiak ur-iturri baten inguruan sortu dira: Mesopotamia, Egipto, Txina eta India adibidez.

Baina ez da bakarrik ura bere naturaz duen garrantzia: ekosistemaren, lurraren, airearen, floraren eta faunaren parte integrala da. Ura ez da estatikoa, mugimenduan dagoen baliabidea da, eta honen mugimenduari uraren ziklo hidrolotikoa deritzo.

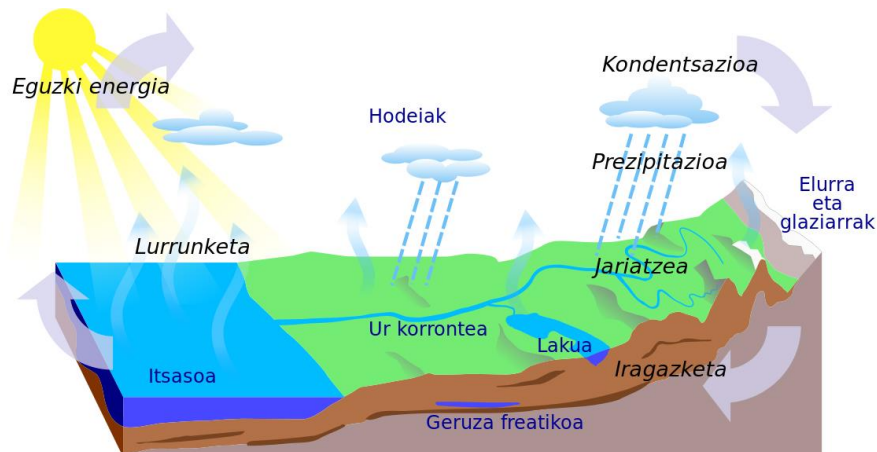
2.1. Uraren ziklo naturala

Hezkuntza, Zientzia eta Kulturarako Nazio Batuen Erakundeak (UNESCO) Nazioarteko Programa Hidrolotikoa (IHP) ezarritakoarekin batera:

“Ziklo hidrolotikoa uraren presentzia eta mugimendua deskribatzen du. Uraren izaera dela eta, etengabe aldaketa fisiko-kimikoak pairatu eta alde batetik bestera mugituz doa. Bilioika urteetan zehar eman den prozesua da eta Lurrean bizitza egotea horren ondorio izan da; Lurra bizitzeko leku ezegokia izango litzateke uraren zikloa emango ez balitz.”

Beraz, mugimendu hori hidrosfera osatzen duen osagai desberdinetatik uraren ziklo edo ziklo hidrolotikoa deritzo. Ziklo hau biogeokimikoa da: uretan ematen diren egoera- eta leku-aldaketak dira, baita aldaketa kimikoak ere. Ura hiru egoeratan aurki daiteke: solidoa, likidoa eta gaseoso.

Ziklo hau itxia da: ez du ez hasiera ezta amaierarik. Bere inguruko baldintzen arabera (presioa eta temperatura batez ere) lekuz eta egoeraz aldatuko da, baina kantitatea beti konstante mantenduko da. Ozeanoetako gainazaleko ura lurruntzeko joera izango du; gorantz doan heinean hodeiak sortuko dira eta aire hezearen temperatura jaitsiko da, kondentsazioa deritzon fenomeno eman. Tanta mikroskopikoa batzeko joera izango dute eta euren pisu propioaren eraginez jauziko dira: fenomeno honi prezipitazio deritzo. Ingurunearen baldintza atmosferikoen arabera prezipitazio hau euri (ura egoera likidoan), elurra edo txingor (ura egoera solidoan) moduan jauziko da.



5. Irudia. Ziklo hidrológico naturala. Iturria: Wasserkreislauf.png

Prezipitazioa gainazalera erortzean hainbat lekutan jauzi daiteke:

- Ozeano edo itsasoetan berriz eror daiteke.
- Plataforma kontinentaletan eror daiteke:
 - Kontinente barruko ur masak: erreka, ibai, aintzirak... Kasu honetan ura zuzenean isuriko da.
 - Lurrazalaren gainean, kasu honetan bi aukera:
 - Landaredian jauzi. Transpirazioa deritzon prozesuaren eraginez, zuhaitz eta landareek euren prozesu metabolikoa burutzeko beharrezko ura bereganatzen dute.
 - Zoruaren gainean jauzi.
 - Zati bat lurra ukitu bezain laster lurrunduko da.
 - Zati bat lurretik infiltratu eta lurrazpiko ur bilakatuko da, perkolazio deritzon prozesua jarraituz.
 - Geratzen den ura lurrazaleko isurketa bilakatuko da. Ur hau ur-masa handietara jariatzeko joera izango du.

Izaki bizidunok prozesu honetan parte hartzen badugu ere, lehen esan bezala, landarediak parte-hartzerik handiena dute: euren prozesu metabolikoak, transpirazioaren eraginez, atmosferako uraren %10 atxikitzen dute.

Prozesu honetan zehar ura hainbat elementurekin kontaktuan egon daiteke. Uraren izaera kimikoa dela eta, zenbait elementu uretan disolbatu ohi dira, uraren kalitatea kaltetuz. Izan ere, ebatotranspirazioa, filtrazioa eta hainbat prozesu naturalen eraginez urarekin batera doazen elementu kutsakorrek desagerrarazi daitezke. Beraz, ziklo hidrológikoa prozesu garbitzailea da.

2.2. Ura hiri-eremuetan

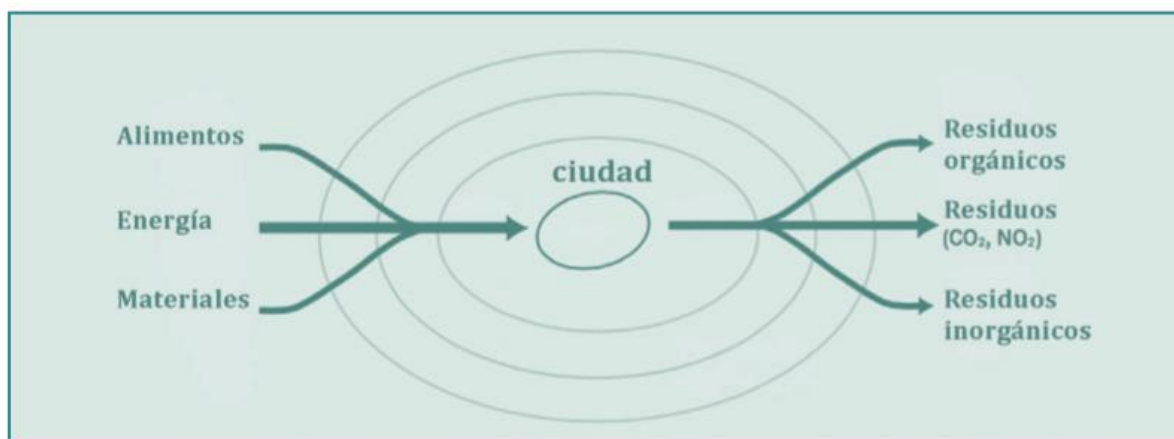
Aurreko atalean aipaturiko ziklo hidrológikoa eremu naturaletan gauzatzen dena da. Aldi, gizakiaren presentziak ziklo hidrológikoa natural hori aldatu egiten du ingurunea bere beharretara egokitzeko. Zikloan eragina duten faktore nagusiak honako hauek dira:

- Urbanizazioa. Izaki bizidunok lurlean eroso bizi ahal izateko egin ditugun eraldaketak eragin zuzena izan dute ziklo hidrológikoa.

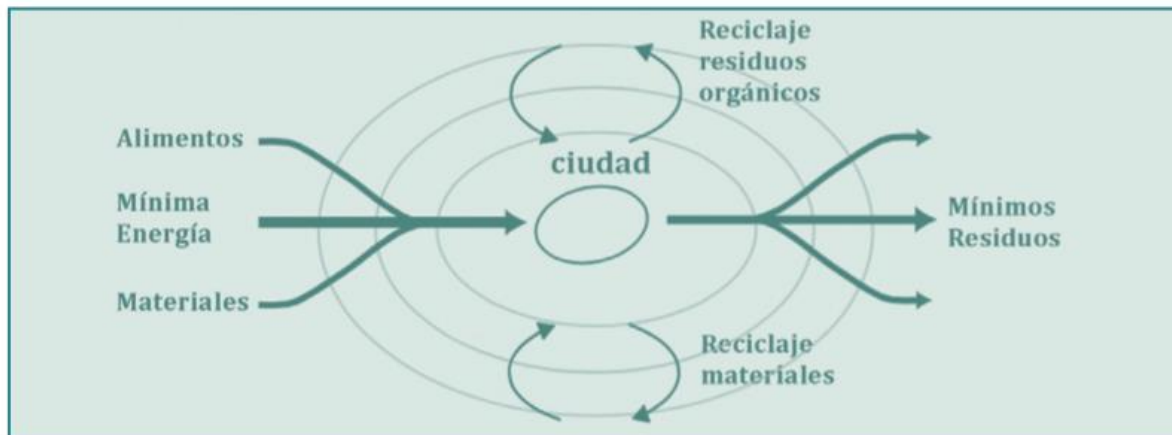
- Lur naturalak estaltzeak arroaren infiltrazio-gaitasunean eragin zuzena du: isurpen kantitate handiagoa sortu, higadura handitu eta uhaldien gertatze-probabilitatea aldatuz.
- Ibai eta erreken ibilbide naturalen aldaketa. Ibaiak hiri-inguruetara moldatzeak eragin zuzena dute sedimentazio-prozesuetan, baita flora eta faunan ere.
- Landaredia kantitate handia zuten lekuen desagertzeak ebatranspirazio murrizketa eragiten du, horrek atmosferaren hezetasunean ere badu bere eragina, hezetasun txikiagoak prezipitazio probabilitatea txikitu eta desertifikazio prozesua areagotzen du.
- Uren kutsadura. Aktibitate industrial, garraio eta gizakion hondakinek kutsadura-emisio kantitate handiak sortzen dituzte, hainbat modutan urarekin nahasi eta ibilgu nagusietara heltzen direlarik.
- Baliabide hidrikoen ustiaketa. Azken urteetako hazkuntza demografikoa eta landa-eremuetatik hiri-eremuetara egon den migrazioaren eraginez hiri oso handiak sortu dira, hauek baliabide gehiago behar dituztelarik. Baliabideen gainustiakuntzak (bai lurgaineko baita lurrazpiko urak) eragin zuzena du klima baita ekologia-arloan.

Hirien ur-sistemak ulertzeko “Hirien metabolismoa” deritzon kontzeptua garatzen da, biologia arlotik ateratako analogia: hirien behar metabolikoak hiri horrek bere barruko ekintza guztiak asetzeko behar dituen baliabide eta materialak dira. Orokorrean bi metabolismo mota ezberdindu daitezke:

- Metabolismo lineala. Kasu honetan baliabide kantitate handiak hartzen dira (ura, gasak, materia organikoa...) eta hondakin kopuru handiak isurtzen dira. Gaur egungo hiri handi guztiek egitura hau izan ohi dute.
- Metabolismo zirkularra. Naturan ikusten diren sistemen antza duen sistema da: bere ezaugarri nagusia baliabideen berreskurapena eta energia fluxuen oreka da. Metabolismo zirkularra duen hiri batek behar duena hartu eta ingurunera itzultzen du; hau da, elementuen berrerabilpena sustatzen duen sistema bat da.



6. Irudia. Uraren metabolismo linearra. Iturria: Antonio Miguel Rodríguez Arbelo



7. Irudia. Uraren metabolismo zirkularra. Iturria: Antonio Miguel Rodríguez Arbelo

2.3. Hiri-uren kudeaketa konbentzionala

Hiri barruko uraren zikloan hiru fase nagusi ezberdinu daiteke:

- Horniketa. Hasierako pausua da eta hirien eta zonaldearen izaeraren arabera hainbat azpifasetan banatzen da, honelako eskema egonez:
 - Jasotzea. Hainbat iturritatik har daiteke ura: ibaietatik, lakuetatik, urtegietatik, akuiferoetatik edota itsasotik.
 - Arazketa. Hasierako tratamenduak ematen dira, ur-iturriaren arabera prozesu ezberdinak daude. Normalean Edateko Ura Tratatzeke Estazioetan (ETAP) gertatzen da prozesu hau.
 - Garraioa. ETAP-etatik hirietara ura bideratu behar da.
 - Biltegitratzea. Tanga handietan biltegitratu ohi da ura.
 - Banaketa. Lurrazpiko sistema izan ohi da.
- Kontsumoa. Behin ura tratatua dagoenean giza-kontsumorako erabil daiteke. Hemen eman ohi dira uraren kutsatze-prozesu gehienak.
- Saneamendua. Urak hirietako beharrak ase dituztenean bere ibilbide naturalera bideratu behar da, aurretik tratatu behar delarik.
 - Arketa eta hodiak. Erabili den lekutik araztegiara bideratzeko erabiltzen den arketa eta hodi sarea.
 - Arazketa. Ur zikinei hainbat tratamendu ematen zaie, hauek berriz sarera bideratu edota ur-masa handietara bueltatzeko. Prozesu hau Hondakin Uren Araztegi (Estación Depuradora de Aguas Residuales EDAR gaztelaniaz) geratu ohi da.
 - Berrerabilpena. Batzuetan EDAR-etatik ateratako urak zuzenean berrerabiltzen dira hainbat helbururekin, hala nola, hiri-garbiketarako burutu baita nekazaritza-industrietan ureztatze lanak burutzeko.
 - Itzulera. Behin urak kalitate-kontrola pasatu dituztenean, ibilgu naturaletara bueltatu ohi dira.



8. Irudia. Hiri-uren gestio konbentzionalaren eskema. Iturria: Aqualia

3. Kutsadura uretan

Ikusi den moduan ura baliabide urria da gure planetan eta gizakiok hainbat erabilpen ematen dizkiogu urari, prozesu batzuetan ura kutsatzen delarik. Europako Kontseiluak 1968ko Uraren Kartan definitutakoaren arabera: “Kutsadura uraren kalitatearen aldaketan datza, orokorrean gizakiak berak eraginda, giza-kontsumo, industria, nekazaritza, arrantza eta aisialdi-aktibitateentzako ezegoki eta arriskutsua bilakatzen duena, baita abere eta naturarentzako”.

Aldi berean, Nazio Batuen Erakundeak Europarentzako Batzorde Ekonomikoan (UNECE ingelesez) 1961ean honako definizioa ezarri zuen: “Ura kutsatua dagoela kontsidera daiteke baldin eta bere konposaketa edo egoeran aldatua baldin badago, zuzenean zein zeharka, giza-jardueren ondorio, bere izaera naturalean betetzeke zituen helburuak burutzeko ezegoki bilakatu”.

Elementu kutsatzaileen jatorria anitza da, bi iturri nagusiak honakoak izanda:

- Jatorri naturala.
- Jatorri antropogenikoa.
 - Hirikoa.
 - Nekazaritza- eta abere-jatorriak.
 - Euri-urak.
 - Industrialak.
 - Nabigazioa.

3.1. Kutsatzaile nagusiak: izaera kimikoa, jatorria eta euren eragina naturan

Uraren izaera dela eta honek bere barruan hainbat elementu garraiatzeko gai da eta horrek uraren eta honen menpe dauden ekosistemen hondatzea eragin dezakeen elementu kutsatzaileen zerrenda

luzea izatea eragiten du. Aztertuko den zonaldearen inguru-baldintzen dibertsitatea dela eta, uraren egoera era egoki eta orokor batean definitzen duten elementu kutsatzaileen aukeraketa zaila da.

Azterlan honetan erabili direnen zehazpenerako drainatze-sistema jasangarriak elementu ezberdinetan duten eraginari buruzko ikerketa kopurua erabili da. Hurrengo bi tauletan “Performance o flow impact development best management practices: a critical review” azterlanean ageri dira, azterlan honek bestelako ikerketetan lorturiko emaitzen laburpena egiten duelarik.

Number of studies	Runoff	TSS	TDS	Pb	Cu	Zn	TN	TKN	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₃ -N	TP	OPP	TPH	PAH	Cl-	TC	FC	E. coli	BOD	COD
Permeable pavement systems (13)	8	8	1	4	5	6	4	0	0	4	5	6	2	4	0	3	1	2	2	2	2
Infiltration trenches (10)	5	6	1	3	1	3	2	4	0	1	0	2	1	1	0	1	0	0	0	2	2
Bioswales (13)	5	9	1	5	4	7	7	4	3	6	5	10	1	2	1	1	0	0	0	2	4
Bioretention (17)	6	10	0	2	3	4	8	2	3	4	4	11	3	1	1	1	0	0	1	1	1
Buffer/filter strips (17)	6	8	0	1	1	2	6	3	3	3	2	6	3	0	0	1	0	0	1	3	3
Constructed stormwater wetlands (15)	2	9	0	2	2	3	11	3	3	5	4	10	6	0	1	1	0	1	2	3	4
Green roofs* (13)	7	1	3	3	3	3	2	0	0	4	2	3	2	0	0	1	1	0	1	1	1
Rain harvesting* (10)	0	4	4	6	3	4	1	0	3	6	6	3	3	0	0	3	7	5	3	2	1
Sum	39	55	10	26	22	32	41	16	15	32	28	51	21	8	3	12	9	8	10	16	18
Rank	4	1	16	8	9	5	3	12	14	5	7	2	10	19	21	15	18	19	16	12	11

1. Taula. SUDS-ek parametro ezberdinengan (elementu kutsatzaileak besteak beste) duten eraginaren inguruan egindako ikerketa kopurua. Iturria: Performance o flow impact development best management practices: a critical review.

Reduction-specific studies			Concentration-specific studies					
Parameter	Number of studies	Rank	Green roof studies			Rain harvesting studies		
			Parameter	Number of studies	Rank	Parameter	Number of studies	Rank
TSS	50	1	NO ₃ -N	4	1	TC	7	1
TP	46	2	OPP	3	2	NO ₃ -N	6	3
TN	39	3	TDS	2	7	NH ₃ -N	6	3
Runoff	33	4	Cu	2	7	Pb	5	5
Zn	25	5	Zn	2	7	E. coli	5	5
			TN	2	7			
			TP	2	7			

2. Taula. SUDS-ek parametro ezberdinengan (elementu kutsatzaileak besteak beste) duten eraginaren inguruan egindako ikerketa kopurua. Iturria: Performance o flow impact development best management practices: a critical review.

Honakoa kontuan hartuta hurrengo elementu kutsatzaileak aztertzea erabaki da:

- Suspentsioan dauden solidoak.
- Fosforo totala.
- Nitrogeno totala.
- Kobrea.
- Beruna.
- Zinka.

3.1.1. Suspentsioan dauden solidoak

Suspentsioan dauden solidoak (Total Suspended Solids TSS ingelesez). Mugimenduan dagoen ura bere barnean dituen eta 2 mikra baino tamaina handiagokoak diren partikulak osatzen dute. Oro har, material inorganikoa izan ohi da nagusi; izan ere, algak eta bakteriak ere kontsideratzen dira, beraz esan daiteke ur barruan dagoen edozer izan daitekeela: harea, sedimentua, planktona, lohiak, legarrak, buztinak...

Euren izaera dela eta, TSS-ak hainbat jatorri izan ditzakete:

- Naturala. Korpuskulu handiagoen zatiketarik datoz, euren konposizioa bai minerala baita organikoa izan daitekeelarik; izan ere, euren jatorririk ohikoena arroken deskonposizioa da.
- Antropogenikoa. Hiri- eta errepide-inguruetan jatorririk oparoena da, eta aldi berean, kezagarriena. Iturririk ohikoena diesel-ibilgailuen motore termikoen osatugabeko konbustiotik ateratzen den kedarra eta karbonoaren konbustioa da. Izan ere, balaztatzean ematen den marruskadurak eragindako gurpilen higadurak pneumatikoen goma korpuskulu txikietan banatzea eragiten dute. Garrantzizkoak diren beste hainbat iturri ere badaude: industria-aktibitateak, zementuaren sorkuntza-prozesuak, harrobiak, mineralen ustiakuntza...

Orokorrean, jatorri naturaleko partikulak tamaina handiagoa dute (PM10) jatorri antropogenikoarekin aldaratuz gero (PM2'5). Honek garrantzi handia du, suspentsioan dauden solidoen arriskua euren izaerarekin baino, tamainarekin baitu erlazioa: zenbat eta partikula-tamaina txikiagoa orduan eta handiagoa izango da partikula masa unitateko gainazalaren azalera, eta horren ondorioz elementu kutsakorren karga handiagoa ere izango da.

Suspentsioan dauden solido totalen kontzentrazioa uraren kalitatearen adierazle nagusienetarikoa da, suspentsioan dauden solidoen kontzentrazio handiek honako eraginak izan ditzakete:

- Ur masen beheko aldean lagatu eta organismo akuatikoko eta hauen arrautzak eta larbak estali daitezke, oxigenoaren transferentzia eten eta hauen heriotza eragin.
- Uraren araztean erabilitako agente desinfektatzaileen efizientzia txikitzen dute.
- TSS-en barruan doazen zenbait elementu kutsatzaile, bai jatorri organiko baita inorganikoa dutenak, lurrazalak xurgatzen ditu. Xurgaturiko elementu kutsatzaile horiek beste ur masa batzuetara garraiatu eta kutsatu daitezke, nahiz eta kutsatzailearen jatorritik urrun egon.

3.1.2. Fosforo totala

Fosforoa (P) 15. elementua da taula periodikoan eta naturan fosfato inorganiko baita organismo bizidunetan ager daiteke. Oso elikagai garrantzitsua da landarediaren hazkuntzarako.

Fosforo totala hurrengo bi elementuen nahasketa da:

- Orto-fosfatoa edo fosfato errektiboa. Fosforo atomo bat lau oxigeno atomoz inguratua dago era tetraedrikoan kokatuak. Fosfatorik aurreratuenak dira eta euren barnean PO_4^{3-} anioi bat dute. Biotak mota honetako fosforoa kontsumitzen du beraz honen kalkuluak asko errazten du algek eta bestelako landarediak kontsumituko duten fosforoaren estimazioa. Ongarriak orto-fosfatoetat osatuak daude.
- Fosfato organikoak. Izaki bizidunen barnean dagoen fosforoak osatzen du. Hauen sorkuntza hainbat prozesu biologikoen bidez ematen da, ur barnean gizaki eta janariak sortzen dituzten hondakinetatik sartzen delarik.

Aurretik esan bezala, fosforoa ezinbesteko nutrientea da bai landaredia baita animalientzat. Fosforo kontzentrazio oso handiek hau kontsumitzen duten organismoen hazkundera dakar; izaki kantitate handi horiek uraren azala estali eta eguzki-argia beheko geruzetara pasatzea eragozten dute, algen fotosintesia eragotziz. Horretaz gainera, organismo horien hazkunde- eta usteltze-prozesuek oxigeno kantitate handia kontsumitu eta hainbat materia organikoa sortzen dute (lokatza batez ere), materia organikoaren deskonposizio horrek ur masa handiak zingiretan bilakatuz. Prozesu honi eutrofizazio deritzo.



9. Irudia. eutrofizazioa pairatu duen ur-masa. Iturria: ecologiaverde.com

Eutrofizazioak hainbat eragin ditu ekosistemetan:

- Uraren kalitatean inpaktu zuzena du: oxigenoaren desagerpena eta uren usteltzea ematen denean, honek kolore eta usain desatsegina hartuko du, ur horien kontsumoak osasun arazoak sor ditzakeelarik.
- Algen gehiegizko hazkundera. Alga batzuk toxikoak izan daitezke; animaliek alga horiek kontsumitzerakoan pozoitu eta fauna zuzenean kaltetzen da.
- Ur masen beheko aldeko anoxiak (oxigeno eza) toxina hilgarriak sortzen dituzten bakterien agerpena ekar dezake, oxigeno ezagatik zuzenean kaltetuak ez dauden animaliei eraginez.
- Hainbat arazo ekonomiko ere sor daitezke: arrain-hazkunderaren produkzioa kaltetu, nabigazioaren etetea (algen hazkundera dela eta)...

3.1.3. Nitrogeno totala

Nitrogenoa (N) 7. elementua da taula periodikoan eta luraren atmosferen osagai nagusia da, bere %78'1-a substantzia ez-metaliko honetaz osatua dago. Organismo bizidunetan ere ager daiteke (gizakion gorputzaren %3-a nitrogenoa da). Oso elikagai garrantzitsua da landarediaren hazkuntzarako.

Nitrogeno totala hurrengo bi elementuen nahasketa da:

- Kjeldahl nitrogeno totala. Hau, aldi berean, amonio ioi NH_4^+ , nitrogeno organiko (proteinak, azido nukleikoak, ureak...) eta nitrogeno erreduzituz osatua dago.
- Nitrato-nitritoa. Espezie ioniko naturalak dira, nitratoa NO_3^- eta nitritoa NO_2^- izanik.

Fosforoarekin gertatzen den moduan, nitrogenoa zenbait organismo bizidunen elikagaia ere bada; beraz, eutrofizazio-prozesuaren agerpena nitrogeno totalaren kontzentrazioarekin ere badu zerikusia.

3.1.4. Kobrea

Kobrea (Cu) 29. elementua da taula periodikoan eta naturan zuzenean aurki daiteke, bai era puruan baita aleazio gisa ere, fenomeno honi metal natibo deritzo. Kobrea landare eta animalien funtsezko elementu metalikoa da.

Ingurune urtarrean kobrea, nagusiki, kobre (II) gisa aurkeztuko da; espezie dibalente honetatik zati txiki bat bakarrik agertuko da “libre” (Cu^{++}) gisa, gehiena partikula esekietan adsorbatua egongo delarik.

Kobrea bere propietate mekaniko-fisikoen (iraunkortasuna, harikortasuna, xaflakortasuna, eroankortasun termiko eta elektrikoa...) konbinazioaren ondorioz mundu osoan zehar asko erabiltzen den metala da. Edateko uren banaketa-sistematan edo txorroten sistematan erabiltzen diren material askok kobrea dute elementu nagusi edo aleazioaren zati gisa.

Kobrearen presentzia uretan faktore eta prozesu askoren menpe dago eta jatorri natural edota antropikoa izan dezake; azken hau lixibiazio edo korrosio fenomenoengatik eman ohi da. Kobrearen presentzia uretan alderdi interesgarria da; honek izaera bikoitza du: alde batetik aurretik esan bezala, gizakiarentzat funtsezkoa da eta bai bere urritasunak baita bere ugaritasunak osasunean ondorio kaltegarriak izan ditzakete. Kobreak hainbat proteina eransten dizkio gorputzari. Bere toxikotasun biokimikoa, baldin eta gorputzaren kontrol homeostatikoa gainditzen badu, oso arriskutsua izan daiteke.

3.1.5. Beruna

Beruna (Pb) 82. elementua da taula periodikoan eta naturan bere izaera elementalean aurkitzea zaila da; galena, cerussita eta anglesita mineraletan aurkitzen den elementu metalikoa izanik. Oso ezaguna da bere izaera pozoitsuarengatik.

Industria-prozesuek (esaterako meatzaritza, estaldura metalikoen produkzioa, pirotekniak, berunezko tetraetiloa sortzen duten industria kimikoak...) ura hainbat metalekin kutsatzen dute. Uraren kutsadura ez da zuzenean sortzen, lehen azalduko industrietan uretan gatz disolbagarriak atxikitzen dituzte, hauek toxikotasun-maila handia dutelarik, eta hauen metaketaren ondoren organismo txikiak xurgatzen dituzte. Horiek, era berean, elikadura-katearen kutsadura-iturria dira, azkenik gizakiongan ailegatu arte.

Berunaren konposatu guztiak dira toxikoak, maila batean edo bestean, konposatu bakoitzaren izaera kimikoaren eta disolbagarritasun mailaren arabera; izan ere, toxikoenak konposatu organikoak dira. Ondorio toxikoak ditu landareentzat, planktonarentzat eta uretako gainerako organismoentzat. Berun-konposatuek arrainetan pelikula koagulatzaile bat sortzen dute eta alterazio hematologikoak eragiten dizkiete. Gizakiarengan saturnismoa eragiten du, nerbio-, digestio- eta giltzurruneko-nahasmenduak barne hartzen dituen gaixotasuna.

3.1.6. Zinka

Zinka (Zn) 30. elementua da taula periodikoan eta naturan bere izaera elementalean aurkitzea zaila da; esfalerita, smithsonita eta hemimorfita mineraletan aurkitzen den elementu metalikoa izanik. Zinka landare eta animalien funtsezko substantzia metalikoa da.

Lehen esan bezala, esfalerita eta smithsonita dira mineralik esanguratsuenak, eta hauek uretatik gertu daudenean disolbatzeko joera dute, ura kutsatuz. Gainera, zinka duten hondakin-ur industrialak industria galbanoaren prozesuetatik eta pilen ekoizpenetik etorri ohi dira. Ur hauetan dagoen zink gehiena ez dator iturri puntualetatik, zinkean aberatsak diren azaleko uretatik baizik.

Zinka duten autoen pneumatikoek eta zinkaren tankeetatik datozen motorren olioek elementu horren konposatuak askatzen dituzte errepideetara. Intsektizida eta fungizida batzuk ere bai zinkaz konposatuak daude, eta hauek lehenago edo beranduago uretan dute euren amaiera.

Zinkari ez zaio urarentzako arrisku-sailkapen mailarik esleitzen, ez baita arrisku handiko elementua. Hori bakarrik zink elementalarekin gertatzen da, izan ere, zinkaren deribatu batzuk, zink artsenatoa eta zink zianuroa kasu, oso arriskutsuak izan daitezke.

Zinka gizakiontzako eta animalientzako elikagai-minerala da. Zinkaren gehiegizko kantitatea hartzeak kalte egin diezaioke osasunari, eta maila batetik gora toxikoa ere izan daiteke: toxikotasun txikia izan arren ez da baztertu behar.

3.2. Legedia

Elementu kutsatzaileen arriskugarritasuna eta larritasuna hainbat faktoreren menpekoa da, euretako bat uretan duten kontzentrazioa delarik. Bai Estatu mailan baita Europar mailan hainbat xedapen definitzen dira honen inguruan; horren inguruan diharduten instituzioen elkarlanari esker legedian ezarritako arau eta neurriak partekatzen dira.

Suspentsioan dauden solidoen kasuan, azterlan honetarako ez dugu muga-baliorik aurkitu. TSS-ak ez dute arazo berezirik sortzen uraren kalitatean (nahiz eta uraren uhertasunean eragin zuzena izan). Edonola ere, aztertuko den aldagai bat izango da, beste elementu kutsakorrek erlazio zuzena baitute suspentsioan dauden solidoen kontzentrazioarekin (hala nola, kobrea, beruna eta zinka).

Azken hiru hauen kontzentrazioari dagokionez, Ingurumen, Ingurumen eta Landa eta Itsas Inguruneko Ministerioaren (MARM) 2011-ko urtarrilaren 22an garaturiko eta Estatuaren Aldizkari Ofizialean argitaratutako “Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.” legedian ezarritako mugak erabiliko dira.

Hemen, uraren gogortasunaren arabera zenbait urteko batez besteko kontzentrazio balioak (Normas de Calidad Ambiental – Media Anual NCA-MA) adierazten dira. Uraren gogortasunari buruzko informaziorik ez dagoenez bataz besteko balioa hartuko da, eta I. eta II. Eranskinean ageri diren tauletatik honako muga-balioak ezarriko dira:

- Kobrea. $K_{Cu,max} = 0,0625 \text{ mg/L}$
- Beruna. $K_{Pb,max} = 0,072 \text{ mg/L}$
- Zinka. $K_{Zn,max} = 2,65 \text{ mg/L}$

Beste kutsatzaileen kasuan, nitrogeno eta fosforo totala, hots, Ingurumen Ministerioak 2007-an argitaraturiko “Manual para la gestión de vertidos – Autorización de vertido” 8. taulan eta “Directiva 91/271/CEE – Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas”-ren I. eranskineko 2. taulan zehazten dira muga balioak:

- Fosforo Totala. $K_{Ptot,max} = 2 \text{ mg/L}$
- Nitrogeno Totala. $K_{Ntot,max} = 15 \text{ mg/L}$

4. Hiri-drainatze sistema jasangarriak

Hiri-drainatze sistema jasangarriak edo SUDS-ak (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible gaztelaniaz edo Sustainable Urban Drainage Systems ingelesez) hiri drainatze sistema konbentzionalak ez bezala, drainatze sarearen diseinuan ziklo hidrológico naturala errepikatzean datza. SUDS-ak naturan oinarritutako soluzioak garatzen ditu, garapen urbanistikoaren aurretik zeuden prozesu hidrológicoetara itzuliz; horretarako, gainazaleko isurpena txikitzen du, bai bere jatorrian, baita garraio eta helmugan ere.

Euren helburu nagusia infiltrazioa handitzea da, horrela punta-emarien laminazioa ez ezik, kalitatearen hobekuntza ere lor daiteke. Sistema konbentzionalekin alderatuta, ura baliabide natural bat bezala kontsideratzen du, ez hondakin bat bezala. Ez dituzte sistema konbentzionalak guztiz ordezkatzen: hauekin lan egiten dute, jadanik dauden egituren lan-karga txikituz eta sistema eraginkorragoak sustatuz.

SUDS-ak sistema deszentralizatuak kontsideratzen dira: arazoaren jatorrian bertan jarduten dute. Gainera, beste onura batzuk ere badituzte: biodibertsitatearen garapena, erabilera anitzeko eta paisaia-balio altuko inguruneen sorkuntza...

4.1. Mota nagusiak

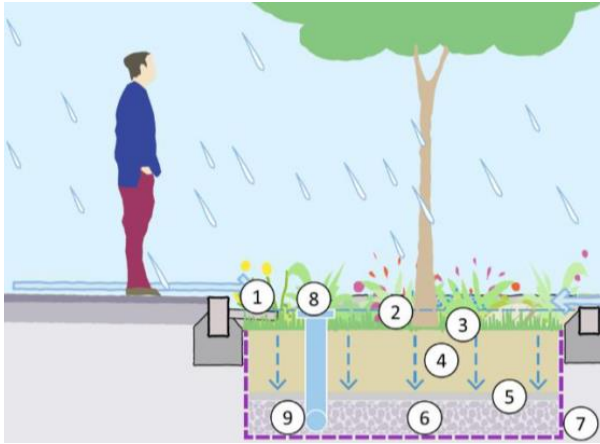
Hiri-drainatze sistema jasangarri tipologia ugari daude eta sailkapen orokor bat gauzatzeko Castelló-ko udalerririk garaturiko “Guía básica de diseño de sistemas urbanos de drenaje sostenible para el término municipal de Castelló de la Plana” gidaliburuan zehazturikoa hartuko da oinarri bezala. Hona hemen SUDS mota nagusiak:

4.1.1. Bio-erretentzio sistemak

Bio-erretentzio sistema luraren gainazalean kokaturiko elementu ez oso sakona da, inguruko eremuetako prezipitazioek sorturiko isuriak biltzeko funtzioa duenak, hauek eragindako ur-bolumenak, punta emariak eta elementu kutsatzaileen kontzentrazioa eraginkortasunez murriztuz. Aldi berean, eremuen urbanizatze-prozesuen eraginez sortzen diren mikroklimen “bero irla” fenomenoaren murrizpena ziurtatzen dute ebapotranspirazioaren bidez; horretaz gainera, flora eta faunarentzako habitat berriak sortzen dituzte, inguruaren estetika mantenduz eta hobetuz.

Diseinuaren bidez ingurune eta bete beharreko funtzio askotara egokitu ahal da, bere eskema orokorra honako izan ohi da:

- Lurrustela. Beheko geruzen babesa bermatu eta floraren hazkundera ahalbidetu.
- Baliabide iragazlea. Hemen ematen da xurgatze- eta iragazte-prozesu nagusia, beraz elementu kutsatzaileen garbitzea honako geruza honetan eman ohi da. Geruza honen lodierak eta elementuen garbitze-ahalmenaren arabera bi azpimota daude:
 - Euri lorategia. Lodiera txikikoak eta kutsatzaile kantitate txikiak tratatzeko erabiliak.
 - Bio-erretentzio zelulak. Lodiera handikoak eta kutsatzaile kantitate handiak tratatzeko erabiliak.
- Trantsizio gainazala. Bio-erretentzio sistemak osatzen dituzten materialak nahastu ez daitezten, baliabide iragazlea eta drainatze-gainazala, hots, bien artean geotextil bat kokatu ohi da.
- Drainatze-gainazala. Geruza honen bidez uraren biltegitratzea ahalbidetzen da, baita luraren izaerak baimentzen badu, ingurura infiltratzea. Beharrezkoa izatekotan drainatze-sistema hemen dago kokatua.



10. Irudia. Bio-erretentzio zelula. Iturria: London Borough of Haringey (2018)

1. Berma.
2. Gainazaleko biltegitratzea.
3. Lurrustela.
4. Baliabide iragazlea.
5. Trantsizio-gainazala.
6. Drainatze-gainazala edo biltegitratzea.
7. Geotextila edo geomenbrana.
8. Gainezkabidea.
9. Drainatze-tutua.

Bio-erretentzio sistemen funtzionamenduak honako eskema jarraitzen du:

1. Inguruko gainazaletan isuritako ura lurrustelaren gainean biltegitratzen da bermaren altueraren arabera. Hemen landarediak gauzaturiko ebapotranspirazioaren bidez uren garbiketa (batez ere sedimentuen kentzea emango da filtrazioaren bidez) emango da.
2. Lurrusteletik eta baliabide iragazletik ura filtratuz joango da. Ur barruan daroazen elementu kutsakorren arazketa baliabide iragazle bezala erabilitako lur-nahasketak baldintzatuko du, honek mugatuko baitu bai infiltrazio- baita absortzio-prozesuak.
3. Ura poliki-poliki drainatze gainazalean biltegitratuz joango da.
4. Urak hemen bi bide hartuko ditu:
 - a. Inguruko lurraren izaeraren arabera lur naturalean infiltratuko da.
 - b. Ura drainatze tututik bideratuko da.

Bio-erretentzio sistemak mantenu eta lan konstanteen beharra dute, denboraren poderioz sedimentuen eta bestelako partikulen pilaketaren ondorioz sistemaren kolmatazioa eman daitekeelako, SUDS honen eraginkortasuna txikituz eta bere funtzioak guztiz deuseztatuz. Honengatik iragazkortasun handiko eremuetan erabiltzea gomendatzen da.



11. Irudia. Bio-erretentzio sistema Seattle-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: biocycle.net



12. Irudia. Bio-erretentzio sistema Raleigh-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: deeprooot.com

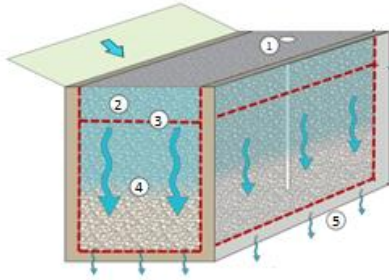
4.1.2. Infiltrazio zangak eta putzuak

Lurrean egindako eta material drainatzailez beteriko zuloak dira, gainazaleko isurketaren leunketa, transmisioa eta filtratzea ahalbidetzen duen behin-behineko biltegitratzea suposatuz; material hau bai granularra baita sintetikoa izan daiteke.

SUDS tipologia hauek material drainatzailez beteriko zuloak dira, material drainatzailea granularra edota sintetikoa izan daitekeelarik. Material honen barruan prezipitazioek sorturiko gainazaleko isurketak aldi baterako biltegitratzen dira, poliki-poliki askatzen direlarik; horrela elementu kutsakorrak txikitzen, lurrean infiltratzen eta ur-behera transmititzen dira.

Diseinu aukera asko daude, baina orokorrean bi infiltrazio-elementu azpimota ezberdindu daitezke, euren dimentsioen arabera ezberdindu daitezkeelarik:

- Infiltrazio-zangak. Hauetan begetazioa egon ohi da goiko aldean, eta geratzen den zonaldean hareak edo legarrak elementu drainatzaile gisa erabili ohi dira.
- Infiltrazio-putzuak. Bi azpimota ezberdindu daitezke: Gaineztatu gabeko putzuak eta putzu gaineztatuak.



13. Irudia. infiltrazio zangak eta putzuak. Iturria: Minnesota Pollution Control Agency (2019)

1. Irekidura ikuskapenak egiteko.
2. Legarrak. Estetika mantentzeko.
3. Gainazaleko geotextila mantentze-lanak errazteko.
4. Legarrak edo drainatze-material sintetikoak.
5. Infiltrazioa inguruko lurretara.

Euren funtzionamendua honako eskema jarraitzen du:

1. Isuritako ura gainazalean biltegitratzen da berma-altueraren arabera.
2. Legardun materialetik uraren perkolazioa emango da. Hemen lehenengo filtrazioa emango da, erabilitako materialaren arabera; izan ere, lehenengo filtrazio hau ez da oso eraginkorra.
3. Ura poliki-poliki geotextiletik pasatuko da (honen beharra badago), sedimentuen eta lohien iragazketa egokia egiteko.
4. Legardun edo drainatze-material sintetikotik pasatuko da. SUDS-aren helburuaren arabera materialen hautaketa ezberdina emango da: hutsuneen ehuneko altuak biltegitratze ahalmen handiagoa suposatuko du, baina elementu kutsakorren arazte-prozesuaren errendimendua txikituz.
5. Urak hemen bi bide hartuko ditu:
 - a. Inguruko luraren izaeraren arabera lur naturalean infiltratuko da.
 - b. Ura drainatze tututik bideratuko da.

Beste SUDS tipologiak ez bezala, orokorrean, infiltrazio-sistemek ez dute elementu kutsakorren iragazte-ahalmen oso handia, beraz, iragazte-sistemara heldu aurretik nolabaiteko filtrazioa egitea komeni da, materialaren kolmatazioa saihesteko. Ahultasun honi aurre egiteko, iragazki begetatuak edo geotextilak erabili ohi dira: hauen bidez sedimentuen eta lohien iragazketa ematen da. Elementu gehigarri hauen eta material drainatzaileen kontrol eta garbitze erregularrak derrigorrezkoak dira.

Infiltrazio zangak ondo diseinatzen badira, saneamendu-tutueria konbentzionalen lekua har dezakete transmisio-sistema bezala, aurretik azaldu den elementu kutsakorren iragazketa ahalmena gehituz. Euren inpaktu bisuala txikitzeko eta inguruneen estetika asko ez hausteko aparkalekuen, errepedeen edota urbanizaturiko zonaldeen alboetan kokatzea da ohikoena, oso espazio txikiak hartuz.



14. Irudia. Infiltrazio-zanga Plymouth-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: malvern.org



15. Irudia. Infiltrazio-zanga Lancaster-ren, Erresuma Batua. Iturria: cityoflancasterpa.com

4.1.3. Zoladura iragazkorrak

Zoladura iragazkorrek prezipitazioek sorturiko gainazaleko isurketak zoladura azpiko geruzetara infiltratzea ahalbidetzen duten zoladura-sekzioak dira; horretaz gainera ez dute trafikoa oztopatzen, ibilgailuen edota oinezkoek bere gainean pasatu ahal direlarik. Beheko geruzetan ura biltegitratua geratzen da, inguruko lurretara infiltratuz edota ur-drainatze sarera bideratuz era kontrolatu batean. Uraren perkolazioa ahalbidetzeko eraren arabera bi azpimota ezberdindu daitezke:

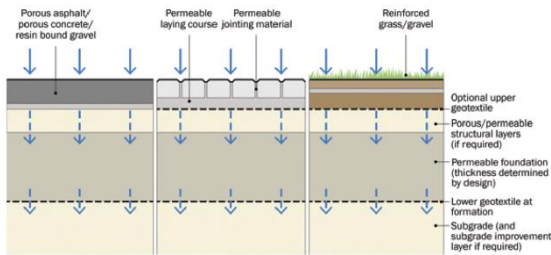
- Zoladura porotsua. Ura iragazten da bere gainazal osoan zehar. Asfaltoa eta hormigoia iragazkorra dira mota honetakoak.
- Juntengatiko zoladura iragazkorrek juntura iragazkorrekin. Gainazala iragazkorra da, baina instalatzen denean hutsuneak uzten dira ura bertatik filtra dadin. Unitate estrukturalak dira, hormigoizko galtzada-harriak adibidez, euren barnean material iragazkorrak sartzen direlarik: begetazioa, harea edota legarra erabili ohi dira. Honek guztiak sedimentu eta elementu kutsakor guztiak iragazten laguntzen du.

Diseinua inguruneari ondo egokituz gero bere gainean jauzitako prezipitazioak ez ezik, ingurunean sorturiko isurketak ere tratatzeko gai dira. Zoladura iragazkorrek oso erraz egokitu daitezke ingurune ezberdinetara, haiek eraikitze materialen aniztasuna dela eta; izan ere, hiru irizpide dira nagusi hautaketa egiteko: trafikoak sortuko dituen kargak, lortu nahi den arintze-efektua uretan bai kuantitatiboki baita kualitatiboki eta estetika edo inpaktu bisuala.

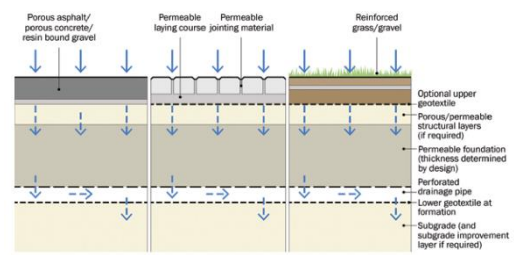
Ura kudeatzeko sistemaren arabera hiru mota ezberdindu daitezke:

- A Mota. Isuritako ur guztia zuzenean infiltratuko da, biltegitratze-ahalmen handiak guztia metatzeko gai izango da, geroago poliki-poliki inguruko lurretara infiltratuz.

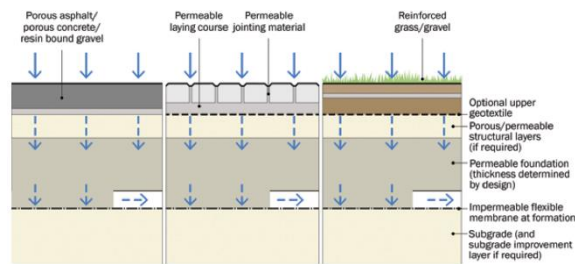
- B Mota. Behin ura infiltratu denean honek bi ibilbide jarraituko ditu: zati bat biltegitratu eta beheko geruzetara bideratu ez den ura zuzenean drainatze-sistema orokorrera joango da.
- C Mota. Sistema geomenbrana malgu eta iragazgaitz batez inguratua egon ohi da. Behin ura zoladuraren oinarritik infiltratu denean zuzenean drainatze-sistemara bideratzen da drainatze-tutuen bitartez.



16. Irudia. A motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual (2015)*.



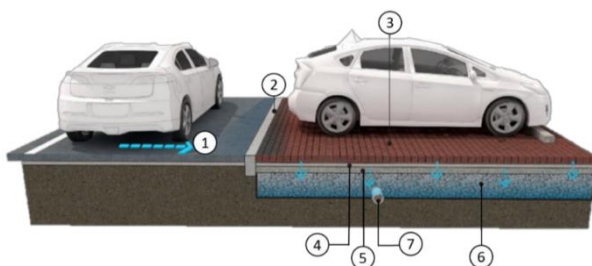
17. Irudia. B motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual (2015)*.



18. Irudia. C motatako zoladura iragazkorra. Iturria: *The SUDS Manual (2015)*.

Urak hainbat garbitze-prozesu jasango ditu egituraren gainazalean, infiltrazioa ahalbidetzen duen beheko lur geruzetan eta geotextilean:

- Lohien edota hauei erantsitako elementu kutsakorren filtrazioa gainazaleko blokeen arteko juntura materialetan.
- Zoladuran elementu kutsakor organikoaren biodegradazioa eman ohi da.
- Lurrak elementuen absortzioa gauzatzen du.
- Solidoen sedimentazio eta erretentzio-prozesuak beheko gainazaletan.



19. Irudia. Zoladura iragazkorra. Iturria: *University of Cincinnati (2016)*

1. Inguruko zonaldeetako isurketa.
2. Berma.
3. Zoladura iragazkorra.
4. Zoladuraren sostengua gauzatzen duen txintxorra.
5. Trantsizio gainazala. Tamaina ertaineko legarrez osatua.
6. Biltegitratze-gunea. Tamaina handiko legarrez osatua.
7. Drainatze-tutua.

Gainera, beharrezkoa izatekotan konglomeratu konbentzionalak erabili beharrean absortzio kapazitate handiagoa duten lur hobetuak ere erabil daitezke. Elementu kutsakorren iragaztea erabiliko den zoladura iragazkorraren tipologia eta materialarekin erlazio zuzena izango du.

Egitura hauek bi hutsegite-iturri izan ohi dituzte:

- Gehiegizko kargengatiko hutsegite mekanikoa. Hau saihesteko trafiko bolumen eta abiadura gutxiko errepideetan, aparkalekuetan eta trafikorik ez duten bestelako gainazaletan erabiltzea komeni da.
- Kolmatazioagatiko hutsegitea. Kasu honetan ez da hutsegite mekanikoa gertatzen, hutsegite funtzionala baizik: finen kontzentrazio handiko arroetan, zoladurarik gabeko zonaldeetan edo landaredia kantitate handiko zonaldeetan tipologia hau erabiltzea ez dago gomendatua.



20. Irudia. Zoladura iragazkorra Oregon-en, Amerikako Estatu Batuak. Iturria: portlandoregon.gov

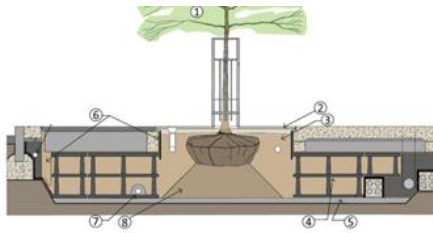


21. Irudia. Zoladura iragazkorra Johannesburgo-n, Sudafrika. Iturria: bft-international.com

4.1.4. Txorko estrukturalak

Infiltrazio-sistemarekin gertatu bezala, zulo batez osatua dago, geroago bertan zuhaitz bat landatu eta betetze-lur estrukturalaz betetzen delarik. Zuhaitza eta bestelako landare diaren prozesu metabolikoek elementu kutsakor batzuen garbiketara laguntzen dute; izan ere, batzuk flora kutsatu eta hiltzea eragin dezakete. Lurzoruaren izaeraren arabera bi azpimota ezberdindu daitezke:

- Txorkoa material granularrekin. Goiko geruzak lur begetalez eta material granularrez osatuta dago. Euste-ahalmena handitzearren trinkoketa burutzen da.
- Txorkoa polipropilenoazko material geozelularrekin. Kasu honetan, trinkotze-prozesua egin beharrean egitura zelularrak euste-ahalmena ematen dio egiturari, lekua aurreztu eta lur begetal gehiago sartuz, elementu kutsakorren garbitze-prozesuaren efizientzia handituz.



1. Zuhaitza babesteko sareta.
2. Lur begetatua
3. Material granularrez beteriko egitura geozelularra.
4. Legarrak.
5. Sustraien aurkako hesia.
6. Drainatze-tutua.
7. Sustraien garapenerako zonaldea.

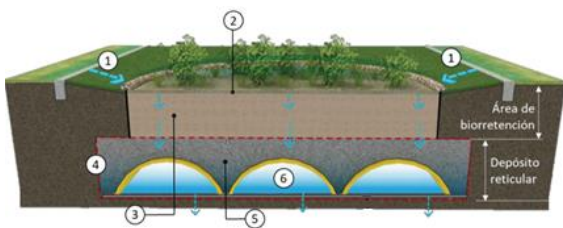
22. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: City of Burlington (2018)



23. Irudia. Txorko estrukturalak. Iturria: swanwatersolutions.com

4.1.5. Sare-formako biltegiak

Lurrazpiko biltegitratze-egiturak dira; inguruan dauden zonalde iragazkorren isurketak jasotzen dituzte, hauek denbora jakin baterako eutsiz, geroago ura infiltratu eta laminatu dadin. Polipropilenoazko sare-formako egituraz osatuta daude, euste-ahalmen altua eta zulo-indize handia dutelarik. Euren goiko aldean kokatzen diren geruzen materialen arabera emango da uraren garbitzea.

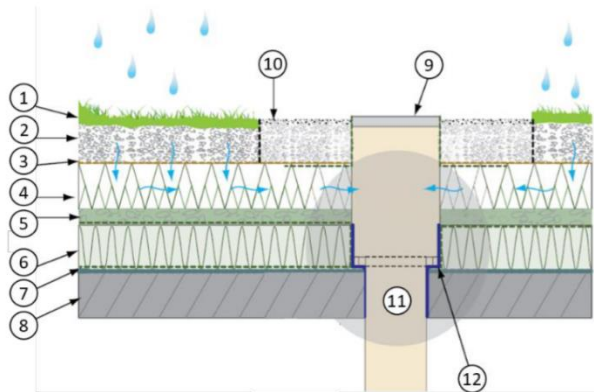


1. Gainazaleko isurketa.
2. Lur begetatua.
3. Baliabide iragazkorra.
4. Geotextila.
5. Legarrak.
6. Polipropilenoazko sare-formako egitura.

24. Irudia. Sare-formako biltegiak. Iturria: University of Cincinnati (2016)



25. Irudia. Sare-formako biltegiak Bétera-n, Espainia. Iturria: Green Blue Management.



1. Landaredia.
2. Substratua.
3. Geotextil iragazkorra.
4. Drainatze-sistema eta behin-behineko ur-biltegia.
5. Sustraien aurkako hesia.
6. Isolamendu termikoa.
7. Mintz iragazgaitza.
8. Eraikinaren egitura.
9. Estolda-zuloa.
10. Legarrak.
11. Zorrotena.
12. Zorrotenaren babesa.

28. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: NHBC Foundation (2010)



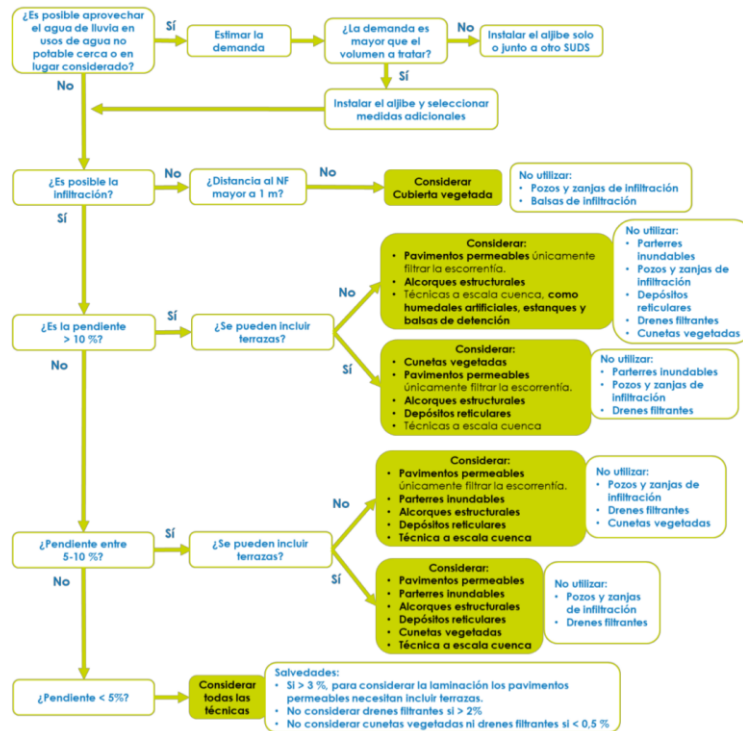
29. Irudia. Teilatu begetatua. Iturria: frontbuildingproducts.com

4.2. Tipologia ezberdinen arteko alderaketa

Nahiz eta SUDS-en erabilera gaur egun gero eta garatuago egon (herrialde industrializatu eta aberatsetan batez ere) euren historia ez da hain luzea. Sistema honen garapenerako hasiera Amerikako Estatu Batuetan eta Australian izan zen 70ko hamarkadan. Herrialde hauetako Euriaren Kudeaketa Planetatik hainbat gidaliburu, artikuluzientifiko eta legedia garatuz joan da.

Edonola ere, uraren kalitatean duten inpaktua ez da ur-bolumenean duten inpaktua bezain ezaguna; ondorioz, arlo horri buruz dagoen informazioa asko ere murriztagoa da. Arlo honetako bariantza handiek azterketa bateratua eragotzi dute eta, ondorioz, gidaliburuetan agertzen den informazioa aztertuturiko zonaldeari estuki lotua dago.

Hala ere, badaude hasierako aurreproiektuetan edota azterlanetako lehenengo urratsak emateko irizpide orokorrak, esaterako Castelló de la Plana-ko udalak garaturiko eskema honen bidez:



30. Irdia. SUDS-en aukeraketa egiteko eskema. Iturria: Guía básica de diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para el término municipal de Castelló de la Plana.

Eskema honi esker, SUDS ezberdinen egokitasuna aplikatu nahi den zonaldearen malda, maila freatikoaren kokapena edota bestelako ingurune fisikoaren ezaugarrien arabera egokitzen da. Azterlan honen kasuan garrantzi handia duen beste parametro bat kontuan hartu beharra dago: elementu kutsakorren arazte ahalmena.

Aurretik azaldu bezala, zaila da parametro orokorrak ezartzea izaera estokastikoa duten fenomenoetan, baina hasierako irizpide bezala SUDS bakoitzak duen arazte-parametroa erabiliko da. Parametro honek SUDS batek baldintza jakinetan elementu kutsakor ezberdinak uretatik kentzeko duen ahalmena zehazten du eta 0-tik (ezin du ura garbitu) 1-era (ura guztiz garbitu) doa. Hurrengo taula honetan agertzen dira arazte-parametro orokorrak:

SUDS Tipologia	Suspentsioan dauden solidoak	Metalak	Hidrokarburoak
Bio-erretentzio sistemak (Euri lorategiak)	0.6	0.5	0.6
Bio-erretentzio sistemak (Bio-erretentzio zelulak)	0.8	0.8	0.8
Infiltrazio zangak eta putzuak	0.4	0.4	0.4
Zoladura iragazkorak	0.7	0.6	0.7
Txorko estrukturalak	0.6	0.5	0.6
Sare-formako biltegiak	*	*	*
Areka begetatuak	0.5	0.6	0.6
Teilatu begetatuak	0.4	0.4	0.4

3. Taula. SUDS ezberdinen arazte-parametroak. Iturria: "Woods-Ballard et al. (2015)"-tik egokituak.

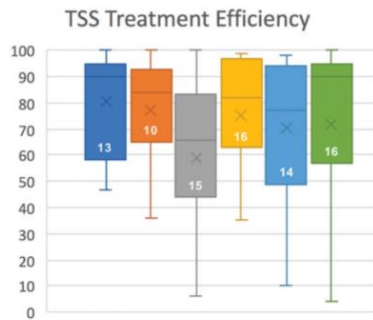
*Eurek bakarrik ez dute tratamendurik egiten, gainean duten sistemaren arabera arazten dituzte urak

Behin aurreko guztia ikusita, azterlan honetarako egokiena, uraren kalitatea hobetzeko helburuarekin, bio-erretentzio sistema, bio-erretentzio zelula konkretuki, eta zoladura iragazkorak erabiltzea erabaki da.

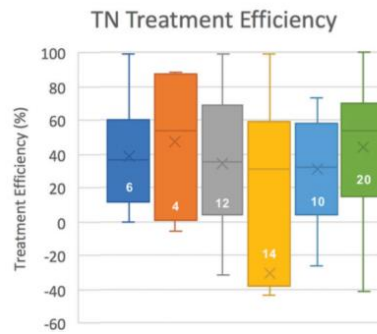
4.3. Hiri-drainatze sistema jasangarrien eragina uraren kalitatean

Aurretik ezarri bezala, hiri-drainatze sistema jasangarrien bitartez garapen urbanistiko aurretik ematen ziren prozesu hidrologikoak errepikatuz uraren kalitatearen kontrola gauzatu daiteke, infiltrazio-, filtrazio-, biorremediazio-, biltegitratze-, laminazio- eta ebapotranspirazio-prozesuak berreskuratuz.

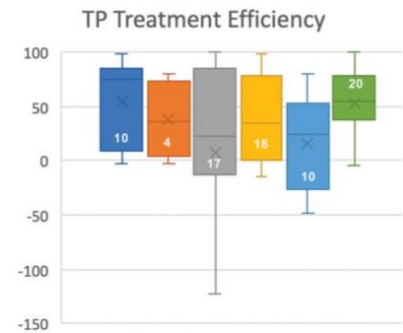
SUDS bakoitzak elementu kutsakorrek arazteko duen eraginkortasuna zehazteko “Performance o flow impact development best management practices: a critical review” azterlana hartu da oinarri bezala, azterlan honek bestelako ikerketetan lorturiko emaitzen laburpena egiten duelarik. “Box plot” diagrama hauetan adierazita geratzen dira azterlanean lorturiko emaitzak:



1. Grafika. Suspentsioan dauden solidoen arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”



2. Grafika. Nitrogeno totalaren arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”



3. Grafika. Fosforo totalaren arazte-efizientzia. Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”

Beraz tarte hauen batezbesteko balioak hartuta honako efizientziak ezarriko dira azterlanean:

SUDS tipologia	TSS	TN	TP	Cu	Pb	Zn
Bio-erretentzio zelulak	80%	49%	38%	83%	51%	93%
Infiltrazio-zangak	79%	45%	40%	0%	91%	51%
Zoladura iragazkorak	76%	35%	49%	59%	87%	84%

4. Taula. SUDS tipologia bakoitzaren elementu kutsakorren arazte-indizeak. Iturria: Iturria: “Performance o flow impact development best management practices: a critical review”-tik egokituak.

5. Storm Water Management Model

U.S. Environmental Protection Agency (EPA) igurumen babesarekin erlazionaturiko gai ei buruz enkargatzen den Amerikako Estatu Batuetako agentzia da; agentzia honek bestelako instituzio akademiko eta enpresa pribaturen laguntzaz Storm Water Management Model edo SWMM garatu dute. Prezipitazio-isurketa modelo dinamiko da, simulazio jarraituak egiteko gai dena, bai ingurune natural baita hiri-inguruneetarako diseinatua dago (azken honetarako batez ere) eta bai uraren kantitatea baita kalitatea ere simulatzeko erabilia da.

SWMM-ek isurketa sortzen duten hainbat prozesu hidrologiko karakterizatzeko da, hauen artean hauek daudelarik:

- Denboran aldakorrak diren euriak.
- Gainazaleko uren lurruntzea.
- Elur pilaketa eta urtzea.
- Topografiaren puntu baxuetan pilatua geratzen den euria.
- Eurien infiltrazioa lurzoru ez asetuetan.
- Eurien perkolazioa lurrazpiko uretara.
- Lurrazpiko uren eta drainatze-sistemaren arteko elkarrekintza.
- Urtegi edo ur erreserben gainezka ez lineala.
- Euri eta isurketen atzitze eta atxikipena hainbat SUDS-ekin, LID (Low Impact Development) deituak modeloan.

Prozesu hidrologikoak ez ezik, hainbat prozesu hidrauliko modelizatzeko gai ere bada:

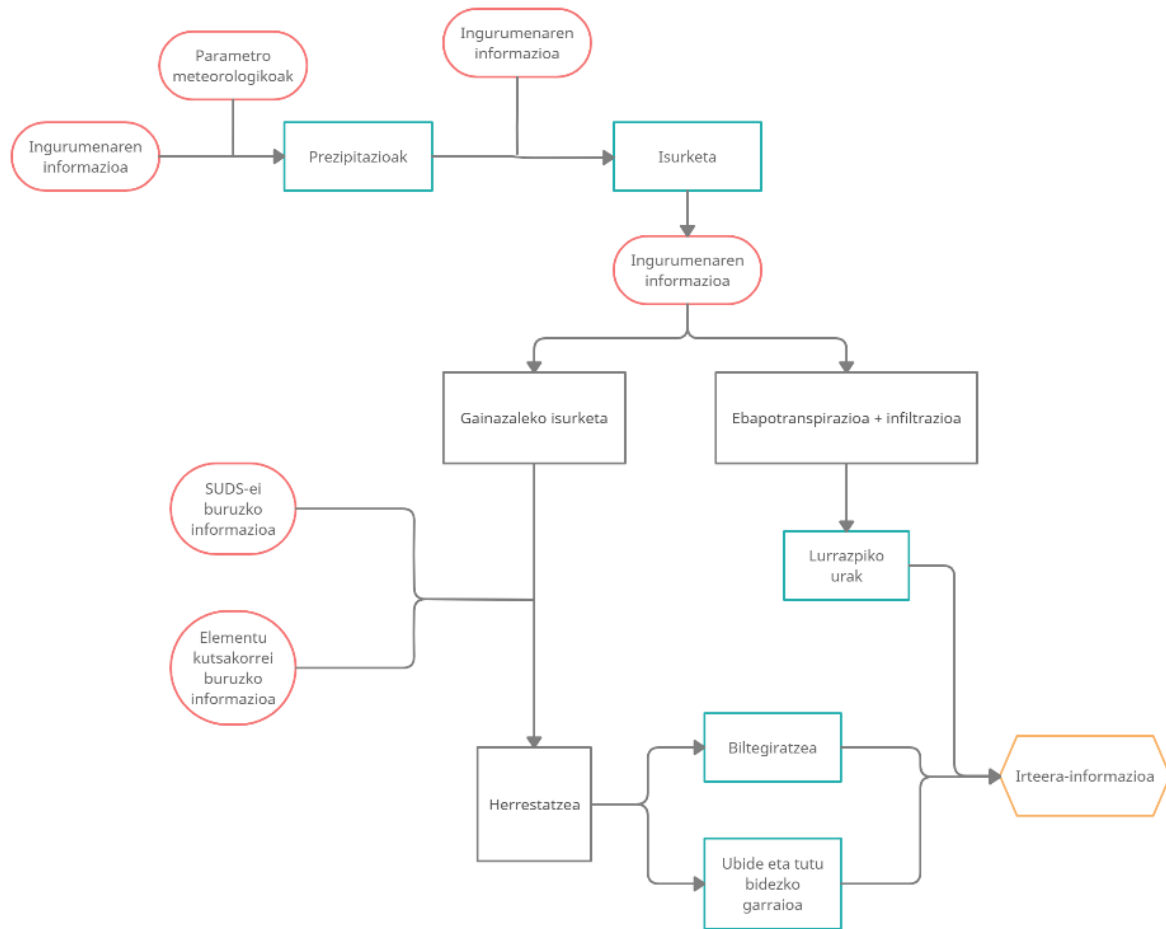
- Drainatze-sareak guztiz karakterizatu.
- Sekzio eta itxura anitzeko tutueria eta ubideen erabilpena.
- Elementu berezien modelaketa: biltegiak, tratamendu-unitateak, elementu banatzaileak, ponpak, ehunak, zuloak...
- Fluxu eta uraren kalitateari buruzko kanpoko hainbat informazio sartzeko ahalmena: gainazalaren isurpena, lurrazpiko uren elkarrekintza...
- Uhin zinatiko eta dinamikoan oinarritutako metodoaren hautaketa.
- Hainbat fluxu-erregimenak modelatzeko ahalmena.
- Ponpen, zuloen eta presen gainezkabideen simulazioa gauzatzeko kontrol-arau dinamikoak.

Azterlan honen kasuan SWMM modelooren 5.015 bertsioa erabili da. Bertsio hau ingelesez dagoenez modeloan erabili diren elementuen izenak ere ingelesez emango dira.

5.1. Ur-zikloaren interpretazioa SWMM modeloan

Naturako fenomenoaren interpretazio matematikoa zaila da, batez ere euren izaera estokastikoa dela eta. Izan ere, SWMM lorturiko emaitzak errealitatean ematen diren fenomeno naturalak nahiko ondo aurreikusi eta simulatzeko gai da, baldin eta erabilitako informazioaren kalitatea nahikoa bada.

Hurrengo diagramak azaltzen du nola egiten duen lan SWMM-en sarturiko modelo orokor batek:



31. Irudia. SWMM-en uraren zikloaren interpretazioa. Iturria: egileak osatua.

Modelo bat guztiz definitua egon dadin honakoa da sartu beharreko informazioa:

- Parametro meteorologikoak.
- Inguruneari buruzko informazio hidrológicoa.
 - Informazio topografikoa.
 - Informazio geomorfologikoa.
 - Inguruneari buruzko informazio hidraulikoa: saneamendu azpiegiturak.
- Elementu kutsatzaileei buruzko informazioa.
- SUDS-ei buruzko informazioa.

Hurrengo ataletan zehaztasun handiagoarekin aztertuko da SWMM modeloa guztiz definitzeko sartu behar diren parametroak; izan ere, azterlan honen garapenerako ezinbestekoa izan den informazioa zehaztasunez tratatuko da, osagarria izan dena “II. Eranskina. Storm Water Management Model”-n sakontasunez azalduta dagoelarik.

5.2. Meteorologiaren karakterizazioa

Azterlan honetan denborazko segidak (Time Series) erabili dira prezipitazioaren ezaugarriak definitzeko. Bertan honako parametroak zehaztu behar dira: data, denbora eta euriaren formatua (intensitatea, bolumena edo metaketa bezala). Modeloan plubiometro bati denborazko segida

esleitzen zaio, euriaren formatua eta denbora tartea zehaztuz euriak guztiz zehaztuta geratzen direlarik. Informazioa eskuz sar daiteke ala kanpo informazio-iturriak erabili ere.

5.3. Ingurunearen karakterizazio hidrológicoa

Honako elementuen bidez karakterizatu daiteke arro bat:

- Azpiarroak. Azpiarroak lur-unitate hidrológico txikiak dira, prezipitazioak eremu hauetan jauzi eta euren topografia eta izaera hidrológico-hidraulikoaren arabera isuritako ura deskarga puntuetara bideratuko dute. Azpiarroak bi izaera izan ohi dituzte:
 - Azpiero iragazgaitzak. Ez da infiltraziorik gertatzen, ura zuzenean isuriko da.
 - Azpiero iragazkorak. Infiltrazioa gertatuko da, SWMM-ek karakterizazioa hiru eredu matematikoren bitartez burutu dezake: Horton, Green-Ampt edo SCS-ren Kurba Zenbakia.

Orokorrean, azpiarroen definizioa guztiz egiteko honako parametro hauen informazioa sartu behar da:

- Esleituriko plubiometroa.
- Azpiarroaren isurtze-puntua.
- Azalera.
- Jarioaren zabalera karakteristikoa.
- Malda.
- Gainazal iragazgaitzaren ehuneko.
- Manning koefizientea bai gainazal iragazgaitz baita iragazkorarentzat.
- Arroaren biltegitarte-ahalmenaren altuera bai gainazal iragazgaitz baita iragazkorarentzat.
- Depresio-biltegitrik ez duen gainazal iragazgaitzaren ehuneko.
- Lurzoruaren infiltrazio-parametroak.
- SUDS-en erabilera.
- Lurzoruen erabilera. Elementu kutsakorren metatze- eta herrestatze-prozesuak definitzeko erabilia.

5.4. Ingurunearen karakterizazio hidraulikoa

Honako elementuen bidez karakterizatu daiteke arro baten saneamendu sistema:

- Lotuneak edo korapiloak. Bide bi edo gehiagoren konfluentzia adierazten duten puntuak: ubideen konfluentzia edota tutuerien konexio elementuak dira. Lotune bat guztiz definitzeko honako parametro hauen informazioa sartu behar da:
 - Hondoaren kota.
 - Putzuaren sakonera maximoa.
 - Puntuaren saturazioa ematekotan, bere gainazala.
 - Kanpoko ekarpenak.
- Isurtze-puntuak. Hauek drainatze-sistemaren azken korapiloak dira. Isurtze-puntua guztiz definitzeko honako parametro hauen informazioa sartu behar da:
 - Hondoaren kota.
 - Ingurumen-baldintzak.
 - Konporta balbularen izaera.

- Jario-banatzaileak. Fluxuak bi irteera-hodietan zatitzeko erabiliak dira. Zatitzaile hauek lau motatakoak izan daitezke: gainezkabidea, banatzaile tabularra, ebaketa- eta gehiegizko-banatzailea.
- Biltegitratze-sistemak. Ur-bolumen jakina biltegitratzeko gaitasuna duten lotuneak dira. Isurtze-puntua guztiz definitzeko honako parametro hauen informazioa sartu behar da:
 - Hondoaren kota.
 - Uraren sakonera maximoa.
 - Elementuaren kurba karakteristikoa.
 - Lurruntze-proportzioa.
 - Kanpoko ekarpenak.
- Konexioak. Konexioen bidez tutueriak eta ubideak karakterizatu daitezke, SWMM-ek Manning-en ekuazioaz baliatzen da emariaren, konexioaren azalera eta erradio hidraulikoaren, materialaren zimurtasunaren eta maldaren arteko erlazioa ezartzeko.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{S}$$

Konexioak guztiz definitzeko honako parametro hauen informazioa sartu behar da:

- Sarrera eta irteera lotuneak.
 - Konexioaren altuera hasierako eta amaierako hondoaren kotarekiko.
 - Lotunearen luzera.
 - Manning koefizientea.
 - Lotunearen zeharkako sekzioaren geometria.
 - Galeren koefizienteak.
- Ponpak. Drainatze-sisteman kokatu eta urari energia emateko erabiltzen den tresneria da. azterlan honetan erabiliko ez denez ez da sakontasunean aztertuko.

5.5. Elementu kutsakorren karakterizazioa

Kutsadurak hainbat iturri izan ditzake; izan ere, SWMM-k bi iturri nagusi ezberdintzen ditu:

- Prezipitazioak lurrera jauzi aurretik izan dezaketen kutsadura. Atmosferara isurtzen diren elementu kutsatzaile batzuk, euria egiten duenean, euri honekin nahasi eta lurrazalera erortzen dira.
- Lurrazalean pilatzen diren elementu kutsatzaileak. Hainbat jatorri izan dezakete: gizakiok lurrera botatzen dugun zaborra, trafikoak sorturiko hondarrak, industria-aktibitateen ondoriozko hondakinak.

Honela definitzen dira SWMM-eko proiektu baten barruan:

- Prezipitazioa (Precipitation). Euria egitean urak airean dagoen kutsadura hartu eta garraiatu dezake, fenomeno honi lagapen hezea (wet deposition) deritzo.

Hauen definizioa SWMM modeloaren barruan honela egiten da:

$$Quality \rightarrow Pollutants$$

Behin menu honen barruan egonda elementu kutsakorra definitu behar da (unitateak mg/l edo µg/l):

- Rain Concentration. Hemen adierazi ohi da euren kontzentrazioa prezipitazioan.

- GW Concentration. Aurreko berdina baina lurrazpiko uretan.
 - I&I Concentration. Geroago aztertuko da.
 - Decay Coefficient. Koefiziente honen bitartez elementu bat desagertzeko behar duen denbora definitzen da.
 - Co-pollutant. Elementu kutsakor bat beste baten menpe egotekotan euren arteko dependentsia hemen adierazten da.
 - Co-fraction. Bi elementu kutsakorren menpekotasuna matematikoki adierazteko erabiltzen da. 0-tik 1-era doan parametroa.
- Isurketa (Runoff). Hau ohi da uren kutsaduraren iturri primarioa. Bere definizioa hainbat parametroen menpe egon daiteke:
 - Denbora.
 - Trafikoa.
 - Dry fallout edo Dry deposition. Fenomeno hau aerosol partikulak solido baten gainean lagatzen direnean eman ohi da.
 - Kaleen garbiketa.
 - Prezipitazioen energia. Oso prezipitazio latzak badira hauek lurren erosioa sor dezakete, herrestatze fenomenoaren ematen delarik. Fenomeno hau hain formula enpirikoen bidez modelatzen da.

Hauen definizioa SWMM modeloaren barruan honela egiten da:

$$Quality \rightarrow Land\ uses$$

Hemen barruan, berriz, bi fenomeno banatu behar ditugu:

- Buildup edo Metaketa. Hainbat egun euririk egin ez duenean agente kutsatzaileak metatuz joango dira. Parametro hauek definitu daitezke:
 - Max buildup $\rightarrow C_1 \rightarrow$ Kutsadura maximoa (kg/ha).
 - Rate constant $\rightarrow C_2 \rightarrow$ Kutsadura hazkunde koefizientea.
 - Power constant edo Sat. Constant $\rightarrow C_3 \rightarrow$ Denbora berretzailea edo Kutsadura maximoa lortzeko egunen erdia.
 - Normalizer.

Metaketa hau matematikoki hiru eratan modelizatu daiteke:

- POW. Kutsadura metatuz joango da, t denbora jakinean maximo batera ailegatu arte.

$$B = \min(C_1; C_2 \cdot t^{C_3})$$

B \rightarrow Kutsadura metatua (kg/azalera).

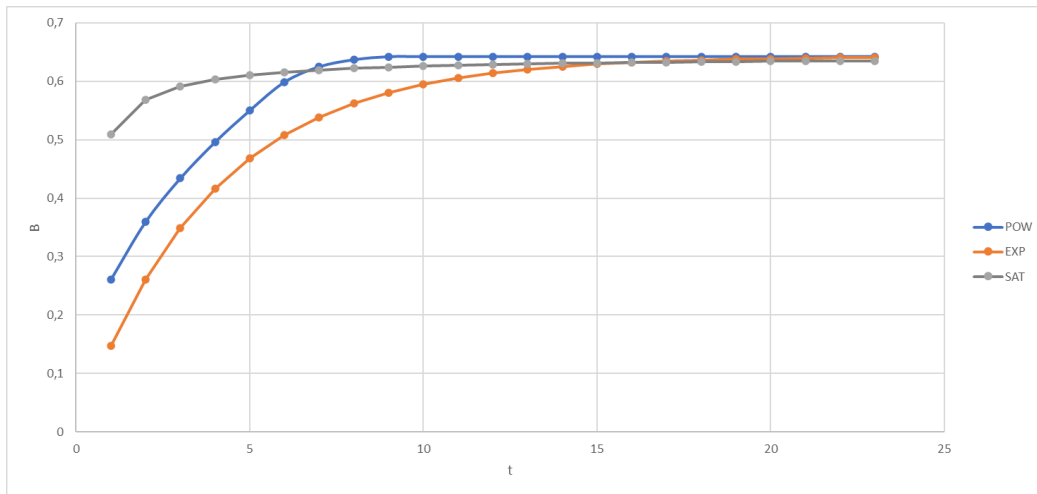
t \rightarrow euririk egin ez duen denbora egunetan.

- EXP. Kutsadura esponontzialki metatuz joango da, eta maximo batera hurbilduko da asintotikoki.

$$B = C_1 \cdot (1 - e^{-C_2 \cdot t})$$

- SAT. Metaketa linealki emango da, baina saturaziora ailegatzen den heinean hazkunde hori poliki-poliki emango da.

$$B = \frac{C_1 \cdot t}{C_2 + t}$$



4. Grafika. Hiru metaketa funtzioen alderaketa. Iturria: egileak osatua.

- Washoff edo Herrestatzea. Euria egitean honek kutsadura herrestatzeko duen ahalmena definitzen du. Parametro hauek definitu daitezke:

- Washoff coefficient → C_1
- Exponent → C_2

Herrestatze hau hiru eratan modelizatu daiteke:

- EXP.

$$W = C_1 \cdot q^{C_2} \cdot B$$

q → isurpena azalera unitateko (mm/h).

B → Kutsadura metaketa azalera unitateko (kg/m^2).

- RC. Rating curve.

$$W = C_1 \cdot Q^{C_2}$$

Q → Isurpena

- EMC. Concentracion Media del Episodio.

$$W = C_1 \cdot Q$$

C_1 → Herrestatzen den materialaren kontzentrazioa kg/l -tan adierazita

Aurreko elementu-kutsatzaile iturrietaz gainera honako hauek ere badaude:

- Eguraldi Lehorreko Jarioa (Dry Weather Flow). Industrialde edota beste eraikinetatik ateratzen diren kutsatutako urak definitzeko erabili. Konexioetan definitu. Patroi errepikakor bat jarraitu ohi dute.
- Lurrazpiko uren jarioa (Groundwater Flow).
- Ur sarrera/Infiltrazioa (Inflow/Infiltration I&I).
- Kanpoko jarioak (External inflows). Kanpotik inposaturiko jarioen kalitatea definitzeko erabiltzen den parametroa

5.6. SUDS-en karakterizazioa

SWMM-ek mundu zientifikoan SUDS bezala ezagutzen dena Inpaktu Baxuko Garapena LID (Low Impact Development) interpretatzen du; EPA-k honela definitzen ditu LID-ak: “ekaitz-urek sorturiko isurpenen eragina arintzeko erabilitako praktika multzoa”.

Azken urteetan garatu diren SUDS tipologia ezberdinak karakterizatzeko zortzi LID mota definitzeko gai da SWMM-ek:

- Bio-retention cell. Bio-erretentzio zelulak definitzeko erabilia.
- Rain garden. Euri lorategiak definitzeko erabilia.
- Green roof. Teilatu begetatuak definitzeko erabilia.
- Infiltration trench. Infiltrazio zangak definitzeko erabilia.
- Permeable pavement. Zoladura iragazkorrek definitzeko erabilia.
- Rain barrel.
- Rooftop disconnection.
- Vegetative swale. Areka begetatuak definitzeko erabilia.

Tipologia bakoitzean hainbat parametro definitu behar dira; izan ere, azterlan honetarako bakarrik bioerretentzio zelula, infiltrazio-zanga eta zoladura iragazkorren parametroak analizatuko dira. Karakterizazio hau bi fitxetan gauzatu behar da:

- LID Control Editor
- LID Usage Editor

5.6.1. LID Control Editor

SWMM interfazearen elementu honek SUDS mota bakoitzaren ezaugarriak definitzeko balio du. Hala, SUDS-aren zenbait parametro geometriko orokorrak ez ezik, bere parametro fisikoak ere definituko dira. Honako fitxa hauek definitu behar dira:

- Gainazala. (Surface). Bai bioerretentzio zelula, bai infiltrazio zanga baita zoladura iragazkorrek erabiltzen definitu behar da.
 - Bermaren altuera. (Berm height). Parametro honen bidez zenbat ur, altuera unitateko, biltegitratu daiteke lurrazalean infiltratu hasi aurretik.
 - Landaredia bolumenaren frakzioa. (Vegetation volume fraction). Parametro honen bidez honako definitu daiteke: lurrazalean biltegitratu daitekeen bolumenetik zenbat dagoen landarediaz beteta.
 - Gainazalaren zimurtasuna. (Surface roughness). Manning-en n parametroa, honen bidez gainazalaren izaera definitu daiteke.
 - Gainazalaren malda. (Surface slope). Honen bidez gainazalaren izaera geometrikoa definitu daiteke.
- Lurzorua. (Soil). Bai bioerretentzio zelula baita zoladura iragazkorrek erabiltzen definitu behar da.
 - Lodiera. (Thickness). Parametro honen bidez lurzorua izaera geometrikoa definitu daiteke.
 - Porositatea. (Porosity). Lurrak ura xurgatzeko duen ahalmena

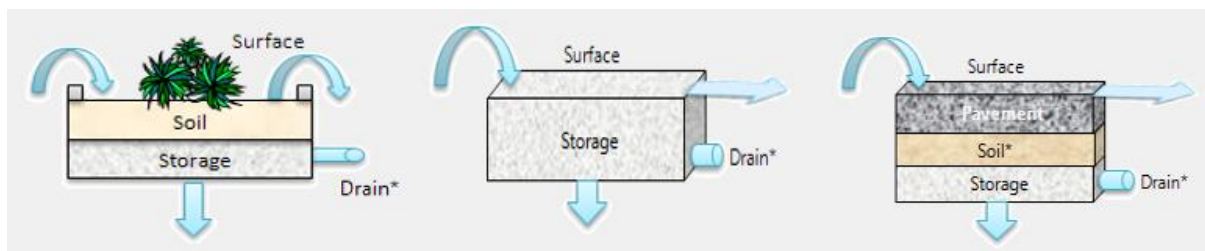
- Eremu kapazitatea. (Field capacity). Lurzoruaren hezetasuna da, lurzoru lehorraren masaren ehunekotan adierazia, aurrez aurre asetutako lurzoruan drainadura bukatzen denean kalkulatua.
- Zimeltasun puntua. (Wilting point). Landare batek lurretik ura ateratzen jarraitu ezin duen gutxieneko hezetasun-puntua.
- Eroankortasuna. (Conductivity). Eroankortasun hidraulikoa guztiz asetua dagoen lurzoruan.
- Eroankortasunaren malda. (Conductivity slope). Eroankortasunaren logaritmoa eta lurzoruaren hezetasuna era grafikoan adierazterakoan lortzen den funtzioaren malda
- Xurgatze-altuera. Lur kapilareen batez besteko balioa fronte bustian zehar.
- Biltegiatzea. (Storage). Bai bioerretentzio zelula, bai infiltrazio zanga baita zoladura iragazkorrak erabiltzen definitu behar da.
 - Lodiera. (Thickness). Parametro honen bidez lurzoruaren izaera geometrikoa definitu daiteke.
 - Hutsuneen ratioa. (Void ratio). Geruzako solidoen bolumenari dagokion espazio hutsaren bolumena.
 - Infiltrazio-gaitasuna. (Seepage ratio). Eroankortasun hidrauliko asetua, biltegiatze azpiko lurtean gertatzen den infiltrazioa definitzen duen parametroa.
 - Asetze-faktorea. (Clogging factor). Zikinkerien metatzeagatik eman daitekeen oztopatzea definitzen duen parametroa.
- Zoladura. (Pavement). Zoladura iragazkorrak erabiltzen definitu behar da.
 - Lodiera. (Thickness). Parametro honen bidez zoladuraren izaera geometrikoa definitu daiteke.
 - Hutsuneen ratioa. (Void ratio). Geruzako solidoen bolumenari dagokion espazio hutsaren bolumena.
 - Gainazal iragazgaitzaren frakzioa. (Impervious surface fraction). Sistema modularra izatekotan gainazal osoaren eta zoladura iragazgaitzeko materialaren arteko proportzioa; sistema jarraia izatekotan ez dago hau definitzeko beharrik.
 - Iragazkortasuna. (Permeability). Sistema modularra izatekotan material betegarriaren eroankortasun hidraulikoa eta sistema jarraian hormigoia edo asfaltoaren iragazkortasuna.
 - Asetze-faktorea. (Clogging factor). Zikinkerien metatzeagatik eman daitekeen oztopatzea definitzen duen parametroa.
 - Leheneratze-tartea. (Regeneration interval). Zoladura geruzaren zahartzea definitzeko parametroa.
 - Leheneratze-faktorea. (Regeneration factor). Zoladura geruzaren zahartzea definitzeko parametroa.
- Drainatze-sistema. (Drain). Ez da SUDS guztietan ipintzen, beharrezkoa izatekotan bai bioerretentzio zelula, bai infiltrazio zanga baita zoladura iragazkorretan definitu behar da.
 - Jarioaren koefizientea. (Flow coefficient). Drainatzetik ateko den ur-jarioa definitzen duen parametroa.
 - Jarioaren elementu berretzailea. (Flow exponent). Drainatzetik ateko den ur-jarioa definitzen duen parametroa.
 - Drainatze-lerroaren altuera. (Offset). Drainatze-lerroaren altuera biltegiaren beheko aldetik neurtua.

- Nibel irekia. (Open level). Urak izan behar duen altuera drainatze-tutua ireki dadin.
- Nibel itxia. (Closed level). Urak izan behar duen altuera drainatze-tutua itxi dadin.
- Elementu kutsakorren tratamendua. (Pollutant removal). Drainatze-sistema definitzean aplikatzen diren errendimenduak dira. Elementu kutsakor bakoitzarentzat errendimendu ezberdinak definitzeko aukera dago.

5.6.2. LID Usage Editor

SWMM interfazearen elementu honek SUDS txertatuko den arroan nola egingo duen definitzen du. Honako parametroak definitu behar dira:

- Unitate bakoitzaren azalera. (Area of each unit).
- Zenbat SUDs unitate kokatuko diren. (Number of units).
- Gainazalaren zabalera unitate bakoitzeko. (Surface width per unit). Jarioari elkartuta den norabidean SUDS-ak duen zabalera.
- Hasieratik asetua dagoen ehunekoa. (% initially saturated). Bioerretentzio zelula, teilatu begetatuak eta landaredia inplikatzeko duen bestelako tipologietan unitateen lurren asetze-maila definitzen du. Beste SUDS-etan biltegitratze-gainazalaren ur-betetze maila adierazten du.
- Tratatu den gainazal iragazgaitzaren ehunekoa. (% of impervious area treated). SUDS-arik gabeko eremuaren zati iragazgaitzaren zenbatekoa tratatzen duen SUDS honek.
- Tratatu den gainazal iragazkorraren ehunekoa. (% of pervious area treated). SUDS-arik gabeko eremuaren zati iragazkorraren zenbatekoa tratatzen duen SUDS honek.
- Bestelako irteera eman urari. (Send drain flow to). Baldin eta SUDS-ak ura eutsi eta tratatu ondoren azpiarroaren leku berdinerara isurtzen ez badu, hemen definitu daiteke beste irteera-puntu bat.



32. Irudia. Bioerretentzio zelula, infiltrazio-zanga eta zoladura iragazkorra. Iturria SWMM modeloa.

6. Azterketa eremua

Aztertuko den zonaldea UPV/EHU (Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea)-ren Bizkaiko Campusa da, Leioa eta Erandioko udalerrien artean kokaturik, Bilbotik 11 kilometrora. 1968. urtean Medikuntza eta Zientzia Fakultateen sorrerarekin gaur egun Euskal Autonomia Erkidegoko unibertsitate-eremurik handienaren lehen harria jarri zen. Nekazaritza-eremuetaz inguratua eta arkitektura brutalista jarraituz urteak pasa ahala hainbat eraikin berri hartu dute leku hau kokapen bezala.



33. Irudia. UPV/EHU-ren Bizkaiko Campusaren ikuspegi orokorra. Iturria: argazki.irekia.euskadi.eus



34. Irudia. UPV/EHU-ren Bizkaiko Campusaren goitiko bista. Iturria: geo.euskadi.eus

6.1. Kokapena

Bizkaiko Campusa Erandiko Goiherri eta Leioako Sarrienea, Santsoena eta Lertutxe auzoen artean kokaturik dago, berdegunez inguratua. Tranbia proiektu bat zegoen arren, gaur egun bertara heltzeko errepideen beharra dago, hainbat bus linea Bizkaia, Gipuzkoa eta Arabako hainbat hiri eta herrirekin konektatzen dituelarik.

Ekialdetik mendebaldera BI-2731 zeharkatzen du eta hegoaldetik BI-647 errepidea heltzen da, garrantzi handikoak ez diren beste bi errepide daude iparretik hegoaldera zonaldea zeharkatzen dutenak.

6.2. Geologia eta lurren morfologia

Azterturiko eremua mendebaldeko Pirinioetan dago kokatua, Euskal-Kantabriar Arroaren barruan, Euskal Arroan konkretuki. Euskal Arroa berriz lau elementu estrukturaletan banatzea posible da: Donostiako monoklinala, Bizkaiko Iparreko antiklinorioa, Bilboko antiklinorioa eta Bizkaiko sinklinorioa.

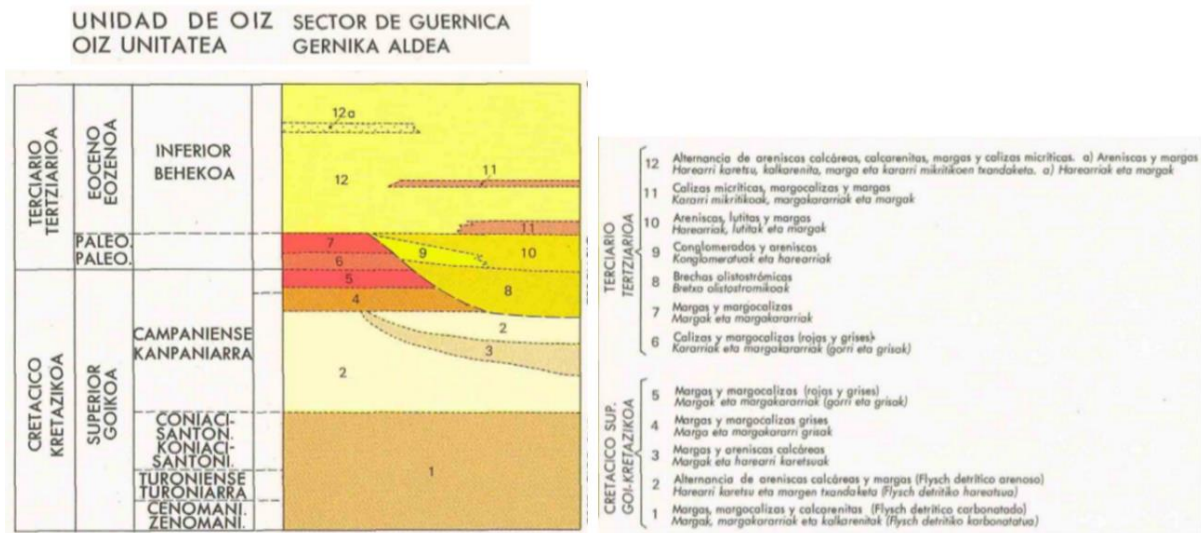
Lan-eremua azken honek osatzen duen ardatzaren gainean, NW-SE norabide hartzen du eta Punta Galeatik, Oiz mendia zeharkatu eta Zumarraga herriko inguruetaraino heltzen da. Behe-Kretazikoko kare-limotitak dira nagusi, Oizko Unitatearen parte direlarik, hauen gainean sedimentu kuarternarioak lagatu ziren; sedimentu hauen artean lohi eta buztin metakin alubialak daude, eta neurri txikiago batean, hareak, legarrak eta betetze-material antropikoak.

Mapa estratigrafikoari begirada bat emanez gero Goi-Kretazikoko lau material aurki daitezke:

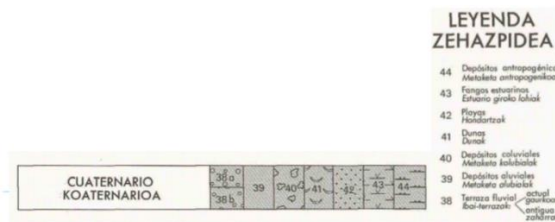
- Margak, margakarriak eta kalkarenitak (Flysch detritiko karbonatua).
- Harearri karetsu eta margen txandaketa (Flysch detritiko hareatsua).
- Margak eta kareharri kareatsuak.
- Margak eta kareharri grisak.



35. Irudia. Bilboaldeko mapa estratigrafikoa, Leioako Campusa laukizuzen berdean sartuta. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).



36. Irudia. Kretaziko eta tertziarioko materialak. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).



37. Irudia. Koaternarioko materialak. Iturria: Euskal Herriko Mapa geologikoa – Ente Vasco de la Energía (EVE).

Lurren morfologiari dagokionez, “III. Eranskina: Azterketa geologikoa”-n argi azalduta dagoen bezala, Leioako Campuseko ehundurak honako egitura du:

- Buztina (clay). %30-40
- Lohiak (silt). %30-40
- Hareak (sand). %20-40

Amerikako Estatu Batuetako Nekazaritza Sailak (USDA ingelesez) lurzoruen izaera definitzeko prozedura, aurretik definituriko lurzoruen ehunduratik abiatuta, lurzoru ehundura mota Franko Buztintsua (Clay loam ingelesez) dela ondorioztatu da. SWMM manualak berak ehunduraren klasifikazio honen arabera lurzoruen infiltrazio gaitasuna eta kurba zenbakia zehazteko aukera ematen du.

6.3. Hidrologia

Leioakako Campuseko inguruen karakterizazio hidrologiko egokia egiteko lurzoruen infiltrazio-gaitasuna zehaztea ezinbestekoa da. Lurzoruek ura xurgatzeko ahalmena definitzen duen parametro hau hainbat metodologia jarraituz lor daiteke; azterlan honetan Kurba Zenbakiaren metodoa jarraituko da. Prozesu hau sakontasunez azalduta dago “III. Eranskina: Azterketa geologikoa” dokumentuan.

Aurretik definituriko lurzorua ehundura jakinda honen iragazkortasun koefizientea lor daiteke SWMM manualak emandako taulen bitartez, Franko buztintsuaren kasuan $K = 1\text{mm/h}$ izanik.

Behin parametro hau definituta dagoenean lurzoruen sailkapena egingo da “Hydrology National Engineering Handbook” gidak zehazten dituen A-tik D-ra doazen lur-moten klasifikazioa jarraituz. Leioako Campusaren kasuan D motatakoak dira, hau da, potentzial altuko lurrak.

Kurba Zenbakiaren balioa zehazteko aztertuko den zonaldearen erabilpen-eremuen arabera egiten da, kasu honetan honako hiru balio hauek lortuz.

- Egoera oneko eremu zabalak (berdeguneak %75tik gora): $CN = 80$
- Egoera txarreko eremu zabalak (berdeguneak %50-75 bitartean): $CN = 84$
- Dentsitate txikiko baso-lurrak: $CN = 83$

Leioako Campuseko azpierrezu ezberdinetan euren izaerari loturiko kurba zenbakia izango dute, “III. Eranskina: Azterketa geologikoa” dokumentuan guztiz zehaztua geratzen delarik.

Maila freatikoari dagokionez, IDOM enpresak aztertuko den eremuan egindako azterketa geologiko-geoteknikoan adierazi bezala, topatu den ur bakarra infiltraturiko ura edo honen ondorioz sorturiko metaketa puntualak izan dira. Leioako Campusaren mendialdeko izaera eta aipaturiko ikerlanetan oinarrituta aztertu den eremu osoan maila freatikorik ez dagoela ondorioztatu da eta horren ondorioz honek izango lukeen eragina erabat baztertuko da.

6.4. Klimatologia

Kantauri Itsasotik gertu dauden zonalde guztietan bezala, Leioako klima ozeaniko epela da, Köppen klima sailkapenaren arabera Cfb motakoa. Prezipitazioak urte osoan zehar banatuak daude, estazio idor zehatz bat egon barik; prezipitazio hauek ugariak dira, urte osoaren egunen %45-a suposatuz. Urtearen aldirik euritsuak urritik apirilera dira, prezipitazioak euri-zaparrada bezala geratu ohi direlarik.

Ozeanotik gertu egoteak tenperaturak oszilazio txikiak jasatea eragiten du, urte osoan zehar tenperatura leunak izanik. Batez besteko tenperatura maximoak udan zehar 25-26°C-koak eta neguan 6-7°C-koak dira, elurteak herri eta hirietan oso arraroak dira, inguruko mendietan pilatu ohi direlarik.

Datu klimatikoak Leioako Campusetik gertu dagoen Bilboko Aireportuko estazio meteorologikotik hartuak daude.

ESTACIÓN		Longitud	Latitud	Altitud	Provincia	Periodo Fun.	AÑOS CON DATOS		Serie completa más larga
Código	Denominación						Compl.	Incompl.	
1082	Bilbao (Aeropuerto)	2°54'21"W	43°17'53"N	39	Bizkaia	1947-2011	61	3	1947-2000

5. Taula. Bilboko Aireportuko estazio meteorologikoa. Iturria: Meteorologiako Estatu Agentzia AEMET

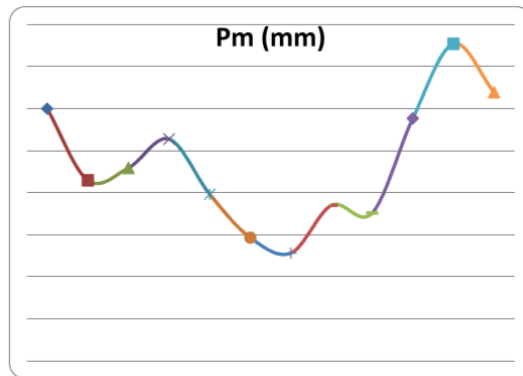
VALORES CLIMÁTICOS	VALOR MENSUAL												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PARÁMETRO													
Precipitación media (mm)	119,84	85,83	91,68	105,42	79,19	58,59	51,26	73,94	70,27	115,21	150,66	127,64	1117,45
Precipitación máxima mensual (mm)	312,1	210,6	215,3	259,9	178,9	239,8	117,2	626,9	199,7	432,2	263,6	245,1	1571,1
Temperatura media (°C)	9,22	9,78	11,42	12,63	15,66	18,31	20,29	20,83	19,23	16,39	12,38	9,89	14,70
Temperatura media de mínimas (°C)	5,04	5,19	6,35	7,69	10,59	13,33	15,28	15,70	13,83	11,39	8,11	5,91	9,90
Temperatura media de máximas (°C)	13,38	14,37	16,48	17,58	20,71	23,25	25,30	25,95	24,63	21,39	16,62	13,87	19,50
Temperatura máxima absoluta (°C)	19,93	21,82	25,80	26,42	30,58	33,28	34,92	34,52	33,57	28,65	23,91	20,21	37,28
Temperatura mínima absoluta (°C)	-1,30	-0,71	0,31	2,21	5,33	8,56	11,12	11,21	8,89	5,15	1,61	-0,62	-2,96
Evapotranspiración potencial (mm)	22,97	25,42	39,94	51,11	79,49	102,29	120,34	116,46	89,51	64,22	35,83	24,28	771,87
Horas de sol mensuales	87	97	129	134	169	178	188	179	158	125	87	76	1539
Humedad relativa	79,31	78,90	79,16	80,94	84,09	85,37	85,84	86,79	85,64	81,16	80,07	78,58	82,19
Días de nieve	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Días de granizo	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	7
Días de escarcha	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	8
Días de tormenta	1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	2	1	23
Días de precipitación apreciable	16	14	15	16	15	12	12	13	12	14	16	16	169
Días de precipitación >1 mm	13	11	11	13	11	7	7	8	8	11	12	12	122
Días de precipitación >10 mm	4	3	3	4	3	2	1	2	2	4	5	4	37
Días de precipitación >30 mm	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	5

6. Taula. Bilboko Aireportuan neurturiko parametro klimatiko orokorrak. Iturria: Meteorologiako Estatu Agentzia AEMET

6.4.1. Prezipitazioak

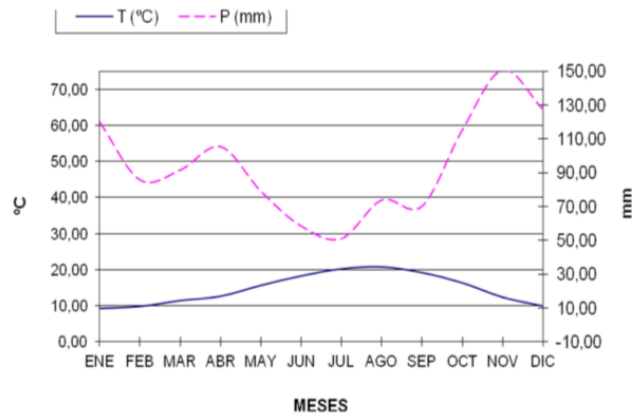
Espainiako iparraldeko Kantauri isurialdeko zonaldeetan bezala, nahiz eta prezipitazioak urte osoan zehar geratu, bi urtaroretan pilatzen dira nagusiki: udaberria eta udazkena, hilabeterik euritsuenak azaroa, abendua, urtarrila, urria eta apirila dira.

- Urteko batez besteko prezipitazio pilatua 1117,45mm-koa da. Euri hautemangarri kantitate handiagoa duen hilabetea apirila da 16,4 egunekin. Bestaldetik, euri hautemangarri kantitate txikiena duen hilabetea uztaila da 11,5 egunekin.
- Hilabeteko batzbesteko prezipitazioen hidrogramak hurrengo grafikoak duen itxura izan ohi du, minimoak ekainean eta uztailean eman ohi dira, urrian eta azaroan balio hauek bikoiztu eta balio maximoak hartzen dituztelarik.



38. Irudia. Hilabeteko batz besteko prezipitazioaren eboluzioa. Iturria: "Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo Nº10. Redes de Pluviales y Fecales"

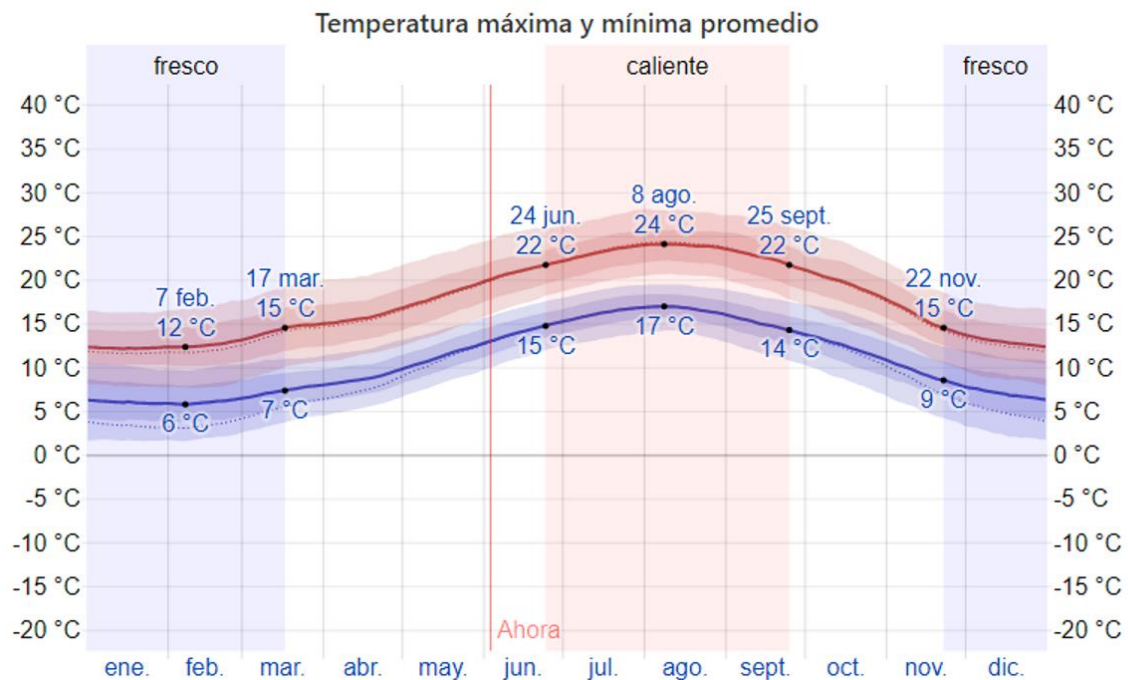
Hilabeteko batz besteko prezipitazioen eta batz besteko tenperaturen adierazpen grafikoak bateratuz Gausse diagrama edo diagrama ombrotermikoak osatzen dira. Hauei esker lehorte-urtarorik ez dagoela hauteman daiteke, hilabeteko batz besteko prezipitazioen balioak beti direlako batz besteko tenperatura balioen bikoizta baina handiagoak.



5. Grafika. Gausson diagrama ombrotermikoa. Iturria: "Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo Nº10. Redes de Pluviales y Fecales"

6.4.2. Temperatura

Orokorrean, aurretik adierazi bezala, temperatura epelak dira nagusi Leioan, hurrengo irudian ikus daitekeen bezala:

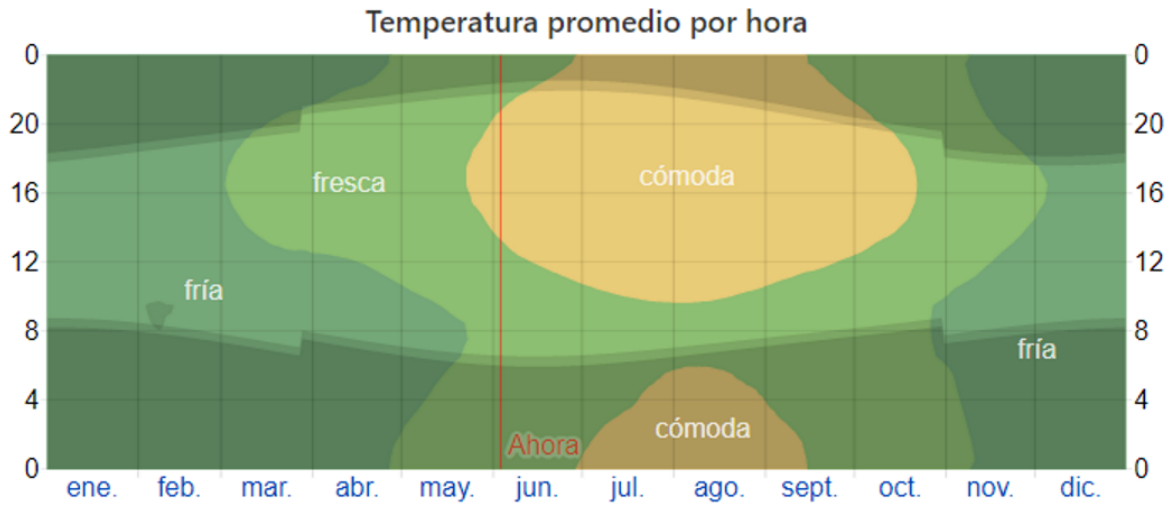


39. Irudia. Batezbesteko temperatura maximo eta minimoak Leioan. Iturria: weatherspark.com

Hurrengo irudiak urte osoko orduko batezbesteko temperaturen ilustrazio trinkoa erakusten du. Ardatz horizontala urteko eguna da, ardatz bertikala ordua eta kolorea egun eta ordu horretarako batez besteko temperatura da.

- Kolore berde ilunak 7°C-tik 13°C-tarako temperaturak adierazten ditu.
- Kolore berde argiak 13°C-tik 18°C-tarako temperaturak adierazten ditu.

- Kolore horiak 18°C-tik 24°C-tarako temperaturak adierazten ditu.



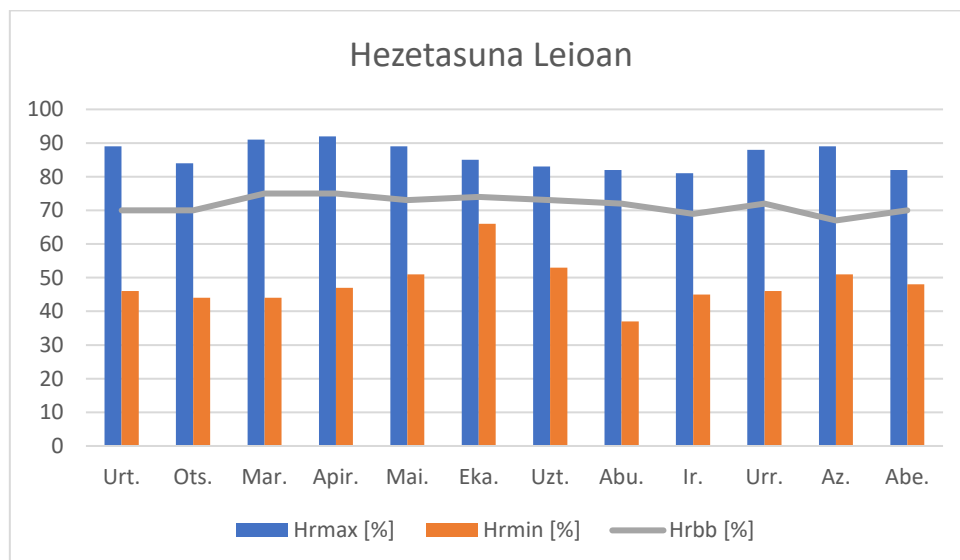
40. Irudia. Orduko batezbesteko tenperatura, koloreen arabera kodifikatutako bandetan. Iturria: weatherspark.com

6.4.3. Hezetasuna

Itsasoaren gertutasunak bere eragina du ere hezetasun kantitatean. Kasu honetan, Leioako udalerrian %70-80 ingurukoa izan ohi da hezetasun erlatiboa, hurrengo tauletan ikus daitekeenez:

	Urt.	Ots.	Mar.	Apir.	Mai.	Eka.	Uzt.	Abu.	Ir.	Urr.	Az.	Abe.
Hrmax [%]	89	84	91	92	89	85	83	82	81	88	89	82
Hrmin [%]	46	44	44	47	51	66	53	37	45	46	51	48
Hrbb [%]	70	70	75	75	73	74	73	72	69	72	67	70

7. Taula. Hezetasun erlatiboa Leioan 2020. urtean. Iturria: Euskalmet



6. Grafika. Hezetasun erlatiboa Leioan 2020. urtean. Iturria: Euskalmet

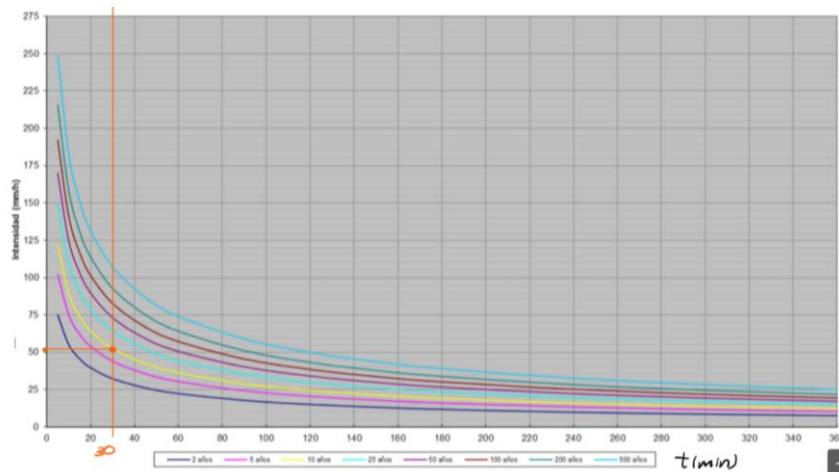
7. Gaur egungo egoera

7.1. Egungo egoeraren eredu matematikoa

SWMM modeloa eraikitzeko Campus Bizia Lab Programaren barruan elkarlanean jardun duten kideek ahalbideturiko informazioa erabili da, jarraituriko prozesua “IV. Eranskina: Egungo modeloaren diseinua” dokumentuan dagoelarik.

7.1.1. Diseinu-erriak

Diseinu-erriei dagokionez, euri konstantea suposatuko da, 30 minutuko iraunaldiarekin. Mota honetako obren diseinuan erabili ohi den bezala, 10 urteko birgertatze aldiko euria suposatuko da. Horretarako, IDF kurbak erabiliko dira (Intensidad, Duración y Frecuencia gaztelaniaz); Bilboko Aireportuko plubiometroari dagozkionak erabiliko dira. Kurba horiek “Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo Nº10. Redes de Pluviales y Fecales” azterlanetik lortu dira.



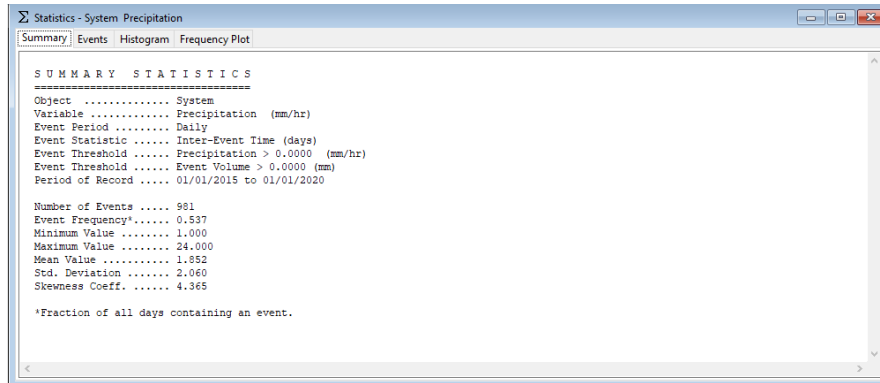
41. Irudia. Bilboko Aireportuko IDF kurbak. Iturria: “Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrozaurre – Anejo Nº10. Redes de Pluviales y Fecales”

Horrela zehaztu da 30 minutuko iraupena duen euriari dagokion intentsitatea 55mm/h dela.

7.1.2. Euririk egin ez duen egun kopurua

“5.6. Elementu kutsakorren karakterizazioa” atalean ikusi den bezala, eredu matematikoan elementu kutsakorrak definitzeko era bat zoruko metaketa da. Egoera hau modelizatzeko jarraian euririk egin ez duen egun kopurua behar da.

Kasu honetan Miramonen dagoen estazio meteorologikori dagokion segida erabili da, eskuragarri baitzegoen eta adierazgarria jo delako Leioako azterketa egiteko. Datu segida hori 5 urtekoa da, SWMM sartu eta estatistika erabiliz jarraian aurkezten den informazioa lortu da.



42. Irudia. SWMM-eko "Statistics" leihoan adierazitako informazioa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.

Honen bidez, "Maximum value" parametroak jarraian euririk egin ez duen egun kopurua adierazten du, beraz, egun kopurua 24 da.

7.1.3. Elementu kutsakorrak

Aurreko ataletan ikusi denez, elementu kutsakorren izaera era egokian zehazteko bost parametro dira nagusi:

- Euririk egin ez duen egun kopurua. Aurreko ataletan zehaztua.
- Kutsadura maximoa. C_1
- Kutsaduraren hazkunde koefizientea. C_2
- Herrestatze-koefizientea. C_3
- Herrestatze hazkunde koefizientea. C_4

Koefiziente hauen zehaztea oso arduratsua da eta espresuki egin beharen diren azterlanak eta datuen analisi-estatistikoaren beharra dago; leku geografikoaren, lurren izaera geomorfologikoaren, eremuaren hidrologiaren eta bestelako hainbat parametroren arabekoak dira, eta aztertuko den zonalde bakoitzean balioen kalibrazioa ezinbestekoa da.

Zehazki, azterlan honetarako erabili diren balioak "Modeling Pollutant Buildup and Washoff Parameters for SWMM Based on Land Use in a Semiarid Urban Watershed" azterlanetik hartu dira. Azterlan horrek hainbat ikerketa ezberdinen datuen tratamendua egiten du, Amerikako Estatu Batuetako zonalde jakin batera egokituz.

Ereduan definituriko arroetara koefiziente egokiak esleitzeko, Leioako Campusaren azpiarro bakoitza hiru erabilpen-eremutan banatuko da, elementu kutsakorren definizioa ahalik eta zehatzena izateko. Honako parametroak erabili dira erabilpen-eremu bakoitzerako:

Erabilpen-eremua	Parametroa	TSS	TN	TP
Garatu gabekoa	C ₁	37,54	0,3	0,00013
	C ₂	2,09	0,47	0,036
	C ₃	7,68	7,94	4,78
	C ₄	7,78	7,18	4,77
Eraikinak	C ₁	1,42	0,0054	0,00014
	C ₂	2,11	0,82	0,44
	C ₃	7,51	36,79	2,7
	C ₄	7,22	6,01	4,82
Zoladura	C ₁	117,29	0,03	0,003
	C ₂	1,55	0,51	0,12
	C ₃	5,46	37,01	4,73
	C ₄	5,52	5,51	2,92

8. Taula. Elementu kutsatzaileen parametroak. Iturria: "Modeling Pollutant Buildup and Washoff Parameters for SWMM Based on Land Use in a Semi-arid Urban Watershed"-tik egokituak.

Zenbait elementuk beste osagai batzuk xurgatzeko gai dira, eta horren ondorioz bata bestearen frakzio bezala adieraz daitezke: hau da metal astunen eta suspentsioan dauden solidoen kasua. Kobrea, zinka eta berunaren kontzentrazioen eta suspentsioan dauden solidoen kontzentrazioen arteko erlazioa existitzen dela ikertu da. Beraz, "Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality" gidaliburuan aurkezten diren tauletan elementu hauen kontzentrazio eta solido esekien artean jarraian aurkezten den erlazioa ezartzen da.

Co-pollutants	TSS-ren %
Kobrea	0,00087
Beruna	0,00000159
Zink	0,00028

9. Taula. Elementu kutsatzaileen parametroak. Iturria: "Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality"-tik egokituak.

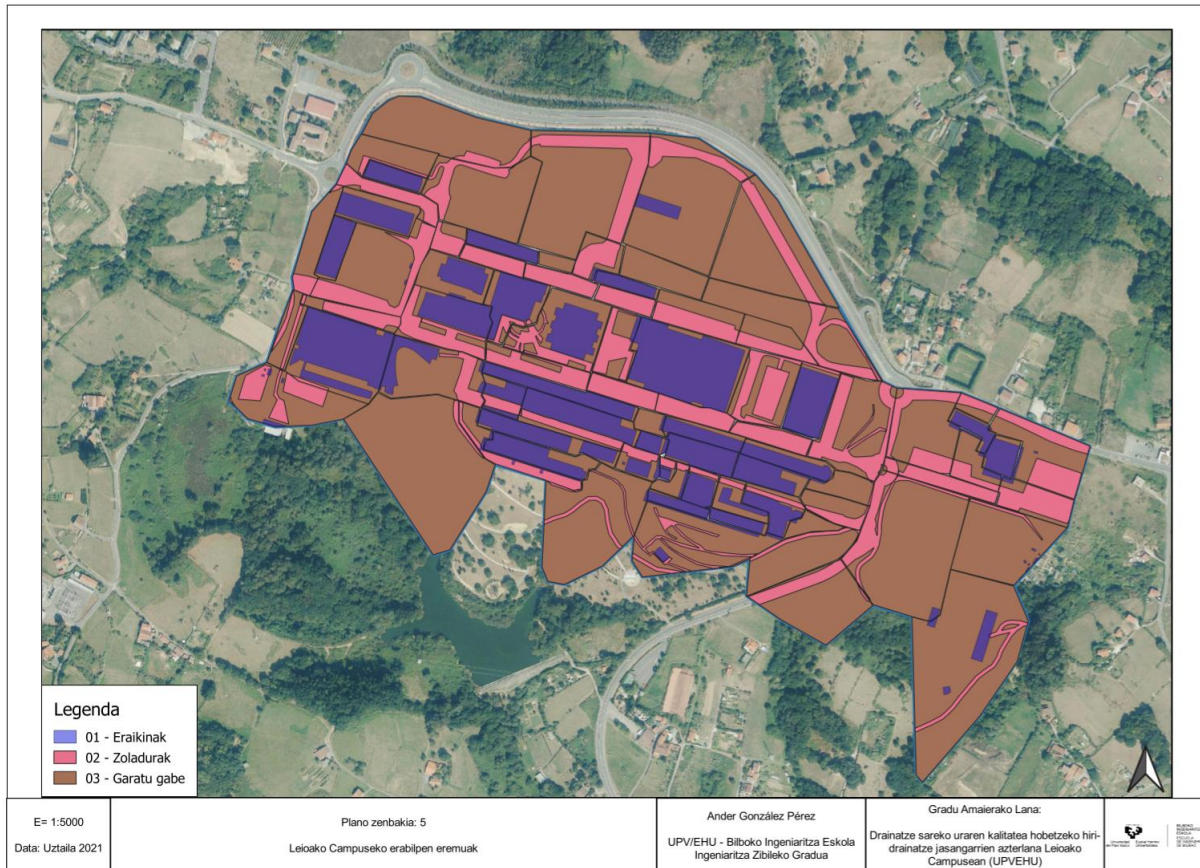
7.1.4. Erabilpen-eremuak

Aurreko atalean adierazi bezala, elementu kutsakorren metaketa eta herrestatzea ingurunearen izaerarekiko zuzenki proportzionala izango da, beraz azterturiko azaleraren erabilpen-eremuak (Land-uses ingelesez) definitzea ezinbestekoa da.

Banaketa era egokian gauzatzeko QGIS programa erabili da. Geografia-informazio sistema honetan azpiarro bakoitza definitu da, lehenengo geruza sortuz eta horren gainean hainbat geruza gainjarri dira. Geruza hauek guztiak Eusko Jaurlaritzak GeoEuskadi webgunean argitaratzen ditu. Hiru erabilpen eremu definituko dira:

- *Eraikinak*. Eraikinen oinplantak hartzen duten azalera, horien teilatuetan metatzen dira elementu kutsakorrak.
- *Zoladurak*. Hemen mota guztietako errepideak, aparkalekuak eta oinezko bideetan metaturiko kutsadura.
- *Garatu gabekoa*. Aurreko bien barruan sartzen ez diren zonaldeak: baso, landagune edota bestelako eremuak.

43. irudian dagoen planoan ikus daitezke orokorki nola banatzen diren zonalde ezberdinak, eta “V Eranskina: Erabilpen-eremuen definizioa” dokumentuan aurkezten den taulan zehaztasun handiagoarekin ikus daitezke azpiarro guztietan zenbat azalera dagokion erabilpen-eremu bakoitzari.



43. Irudia. Azterketa eremuko erabilpen-eremua. Iturria: egileak osatua.

7.1.5. SUDS-ak

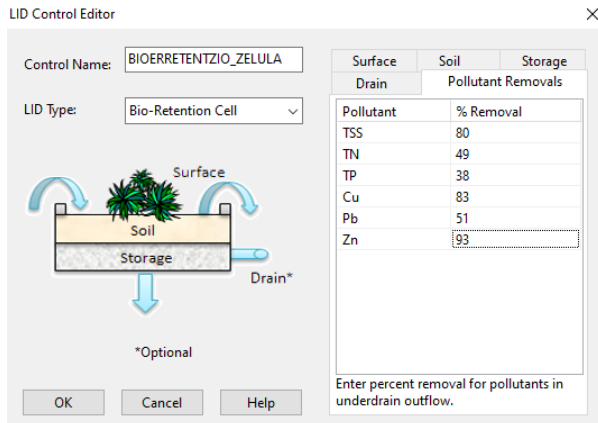
SUDSek dituzten ezaugarri fisikoen arabera prozesu hidrauliko eta hidrológicoak ezberdinak izango dira. Ezaugarri horiek oso aldakorak dira SUDS batetik bestera; edonola ere, azterlan honetan SUDS mota tipikoak definitu dira, eta horien arabera egin da azterlana. Horretarako, “Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality” gidaliburua erabili da, agentzia ezberdinek egindako ikerketak laburbiltzen dituen. Gidaliburu horrek parametroen definizioa tarte baten bidez adierazten du.

Azterlan honetarako tarte horren batz besteko balioa hartu eta sistema inperialetik (akre eta hazbeteak) sistema metrikora transformatu egin da, ondoren aurkezten diren taulak sortuz.

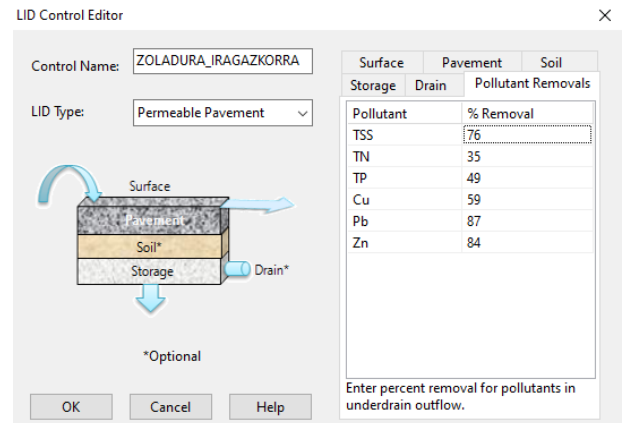
Parametroak	Zoladura iragazkorra	Bio-erretentzio zelula	Infiltrazio -zanga
Surface → Gainazala			
Berm height → Bermaren altuera (mm)	0,05	230	160
Vegetation Volume Fraction → Landaredia bolumen frakzioa (%)	0	0,1	0
Surface Roughness → Gainazalaren zimurtasuna (Manning-en n)	0,02	0,1	0,1
Surface slope → Gainazalaren malda (%)	2	1	1
Storage → Biltegitratzea			
Thickness → Lodiera (mm)	400	540	2290
Void ratio → Hutsuneen ratioa	0,7	0,3	0,3
Seepage ratio → Infiltrazio-gaitasuna	1	1	1
Clogging factor → Asetze-faktorea	0	0	0
Drain → Drainatze-sistema			
Flow coefficient → Jarioaren koefizientea	100	100	100
Flow exponent → Jarioaren elementu berretzailea	0,5	0,5	0,5
Offset → Drainatze-lerroaren altuera (mm)	300	440	2190
Soil → Lurzorua			
Thickness → Lodiera (mm)	50	920	-
Porosity → Porositatea (%)	0,45	0,52	-
Field capacity → Eremu kapazitatea	0,1	0,15	-
Wilting point → Zimeltasun puntua	0,05	0,08	-
Conductivity → Eroankortasuna (mm/h)	100	120	-
Conductivity slope → Eroankortasunaren malda (%)	50	39,3	-
Suction head → Xurgatze-altuera (mm)	50	50	-
Pavement → Zoladura			
Thickness → Lodiera (mm)	80	-	-
Void ratio → Hutsuneen ratioa	0,25	-	-
Impervious surface fraction → Gainazal iragazgaitzaren frakzioa	0,9	-	-
Permeability → Iragazkortasuna (mm/h)	889	-	-
Clogging factor → Asetze-faktorea	0	-	-
Regeneration interval → Leheneratze-tartea	0	-	-
Regeneration factor → Leheneratze-faktorea	0	-	-

10. Taula. SUDS ezberdinak definitzeko parametroak. Iturria: "Storm Water Management Model Reference Manual, Volume III – Water Quality"-tik egokituak

SUDS bakoitzak elementu kutsakorrek arazteko duen eraginkortasuna zehazteko Pollutant Removal funtzioa erabiliko da. Parametro hauen definizioa 4.3. atalean gauzatu da.



44. Irudia. Bio-erretentzio zelula elementu kutsakorrek arazteko duen efizientzia. Iturria: egileak osatua.



45. Irudia. Zoladura iragazkorrek elementu kutsakorrek arazteko duen efizientzia. Iturria: egileak osatua.

7.2. Gaur egungo egoeraren simulazioa

Aurretik aurkezturiko informazio guztia sartu eta gero ordu bateko simulazioa abiarazi da, minutu bateko denbora-tarteekin analisia eginez.

Lehenik eta behin, 24 egunetan euririk egin ez duenez agente kutsatzaileak metatuz joan dira, analizaturiko zonalde osoan ondorengo taulan aurkezten diren metaketak eman direlarik. Behin prezipitazioak jauzi eta gainazaleko isurketa gertatzen denean, elementu kutsatzaileak urarekin nahastu eta honek garraiatuko ditu. Baliteke urak agente kutsatzaile guztiak garbitzeko ahalmena ez izatea, kasu horretan gainazalean pilatuak geratuko dira.

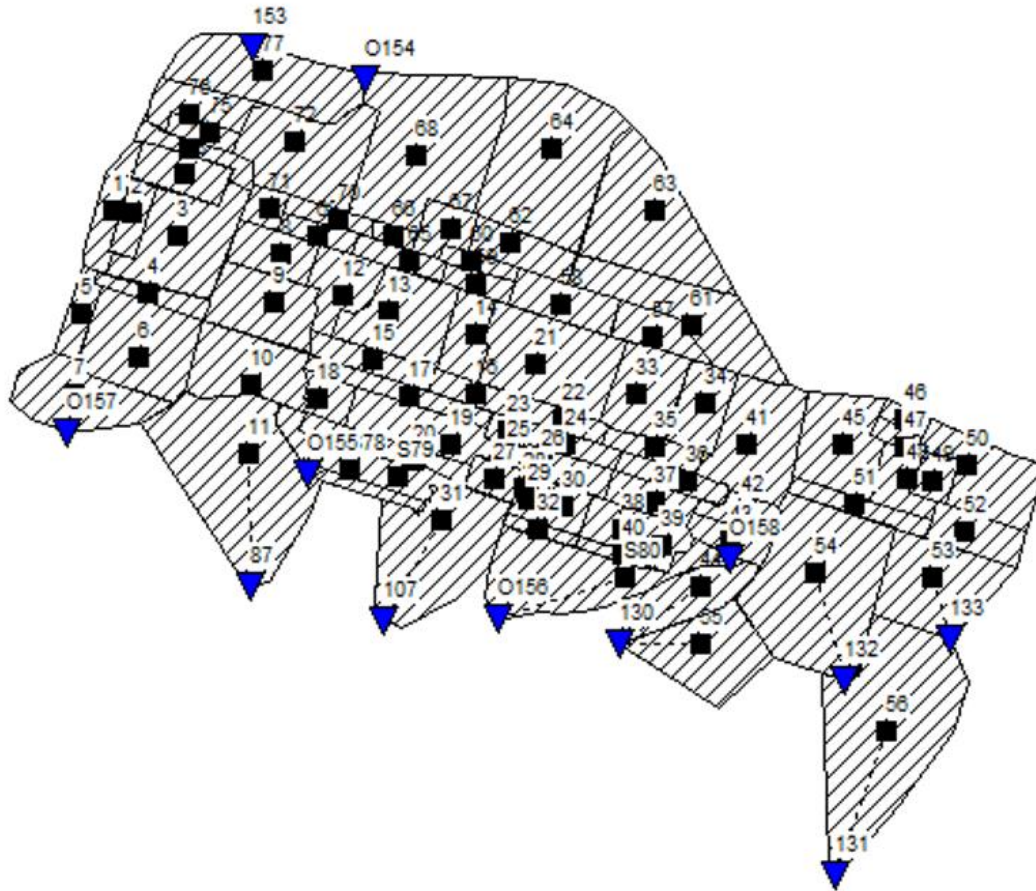
Simulazioa egin ondoren, kutsatzaileen egoera laburbiltzen duen informazioa 11. taulan jaso da. Metaketa hasierako kutsatzaile kopuruari dagokio, herrestatzea euri-urak garraiatzen duenari, eta azken zutabean ekaitzaren ondoren, simulazioa amaitzean, arroan geratu denari dagokio.

Agente kutsatzailea	Metaketa (kg)	Herrestatzea (kg)	Geratuko dena (kg)
TSS	2.927,43	2.918,882	8,548
TN	18,46	18,446	0,014
TP	2,051	2,048	0,003

11. Taula. Elementu kutsakorren egoera simulazio hasieran. Iturria: SWMM-etik lorturiko datua.

Kobre, berun eta zink metaketei dagokionez, suspentsioan dauden solidoen metaketaren araberakoak izango dira, “co-pollutant” bezala definitu direlako, eta SWMM-ek herrestatzean urarekin batera nahasten diren momentura arte ez ditu kontuan hartuko.

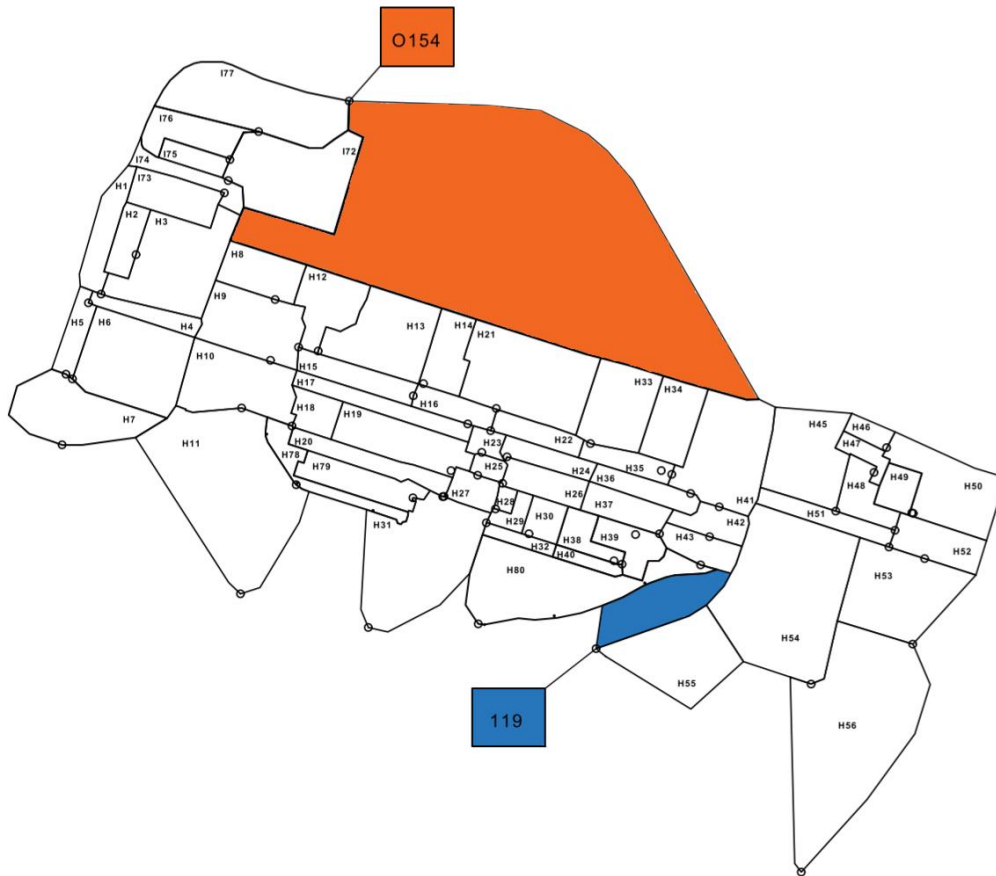
Saneamendu-sistema orokorrera isurtzen diren elementu kutsakorren kontzentrazioak aztertzeko 13 **kontrol-puntu** definitu dira. puntu hauek Leioako Campusaren saneamendu sistema sare orokorrera konektatzen dituen puntuak dira, eta honako irudian ikus daitezke:



46. Irudia. Sistemaren kontrol puntuak, triangelu urdin batez adieraziak. Iturria: egileak osatua.

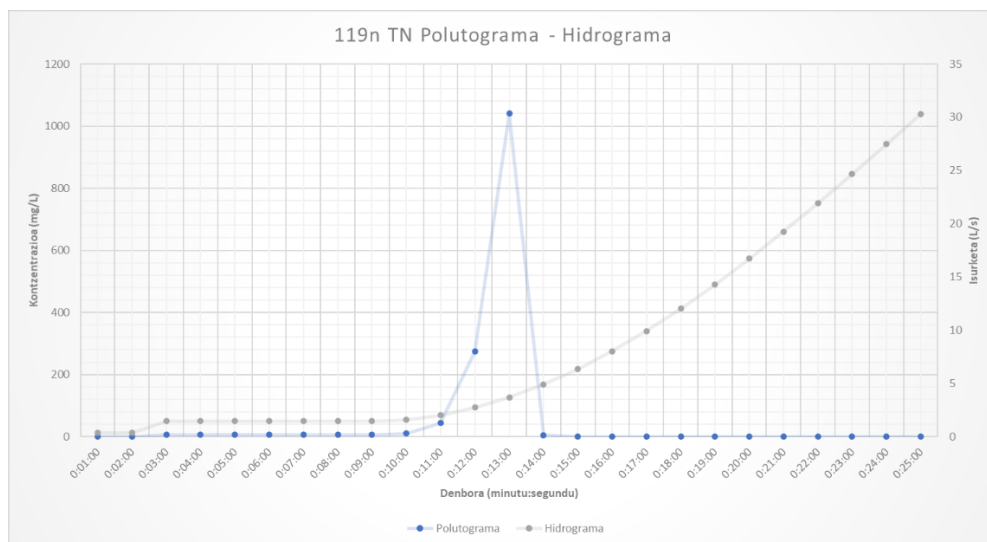
Puntu hauetatik minutu bakoitzean elementu kutsakor guztien kontzentrazioak analizatuko dira eta legediak ezartzen dituen balioekin konparatuko da; honela saneamendu sareraino heltzen den uraren kalitatea aurreikusiko da. Análisi hau azkartzeko Excel kalkulu-orriak sortu dira, legediak ezartzen duen balioa gainditzen denean abisua emateko. Informazio hori “VI. Eranskina: Egungo egoeraren simulazioa” deritzon dokumentuan bilduta eta sakontasunez aztertua dago.

Hasierako egoeraren ebaluazio orokorra egiteko bi kontrol-puntu ikuskatuko dira, horietan ematen diren nitrogeno totalaren kontzentrazioak aztertuz.

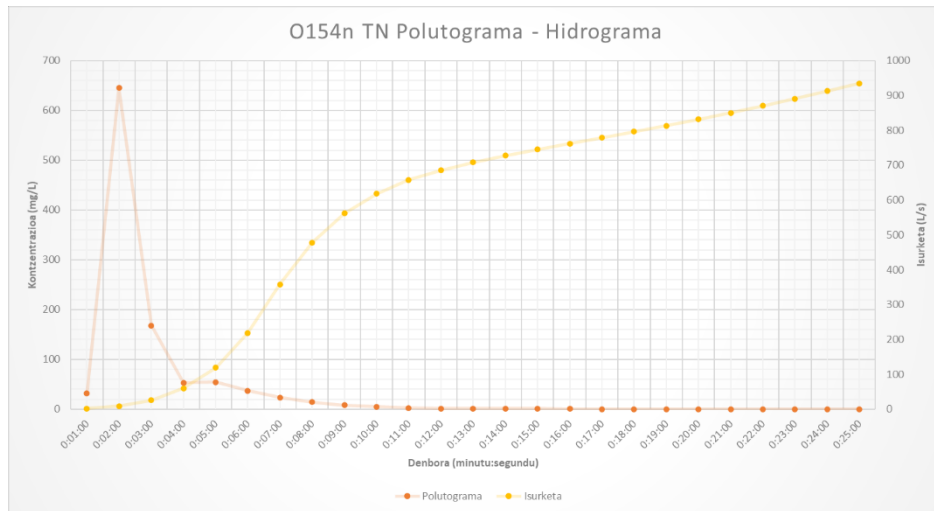


47. Irudia. 119 (urdina) eta O154 (laranja) kontrol-puntuetara isurtzen dituzten azalerak. Iturria: egileak osatua.

Aukeratu diren kontrol-puntuak 119 eta O154 dira. Euren izaera nahiko desberdina da: 119. kontrol-puntuak arro bakar baten urak zuzenean jasoko ditu, tutueriarik gabe; aldi berean, O154. kontrol-puntuak hainbat arroren urak jasoko ditu, isurtze-urak hoditerien bitartez bideratzen direlarik.



7. Grafika. 119 kontrol-puntuo polutograma eta hidrograma. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.



8. Grafika. O154 kontrol-puntuako polutograma eta hidrograma. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.

Hours	0:01:00	0:02:00	0:03:00	0:04:00	0:05:00	0:06:00	0:07:00	0:08:00	0:09:00	0:10:00	0:11:00	0:12:00	0:13:00
119 (mg/L)	0	0	5,86	5,91	5,88	5,87	5,84	5,86	5,83	9,84	43,72	274,36	1040,93
O154 (mg/L)	31,78	644,7	167,83	53,23	54,46	37,42	23,51	14,41	8,44	4,8	2,7	1,55	1,26

Hours	0:14:00	0:15:00	0:16:00	0:17:00	0:18:00	0:19:00	0:20:00	0:21:00	0:22:00	0:23:00	0:24:00	0:25:00
119 (mg/L)	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O154 (mg/L)	1,61	1,47	0,91	0,42	0,17	0,06	0,02	0,01	0	0	0	0

12. Taula. Nitrogeno totalaren kontzentrazioak 119 eta O154 kontrol-puntuetan. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.

Aurreko bi grafika eta taula honetatik SUDS-en diseinurako informazio oso garrantzitsua atera daiteke:

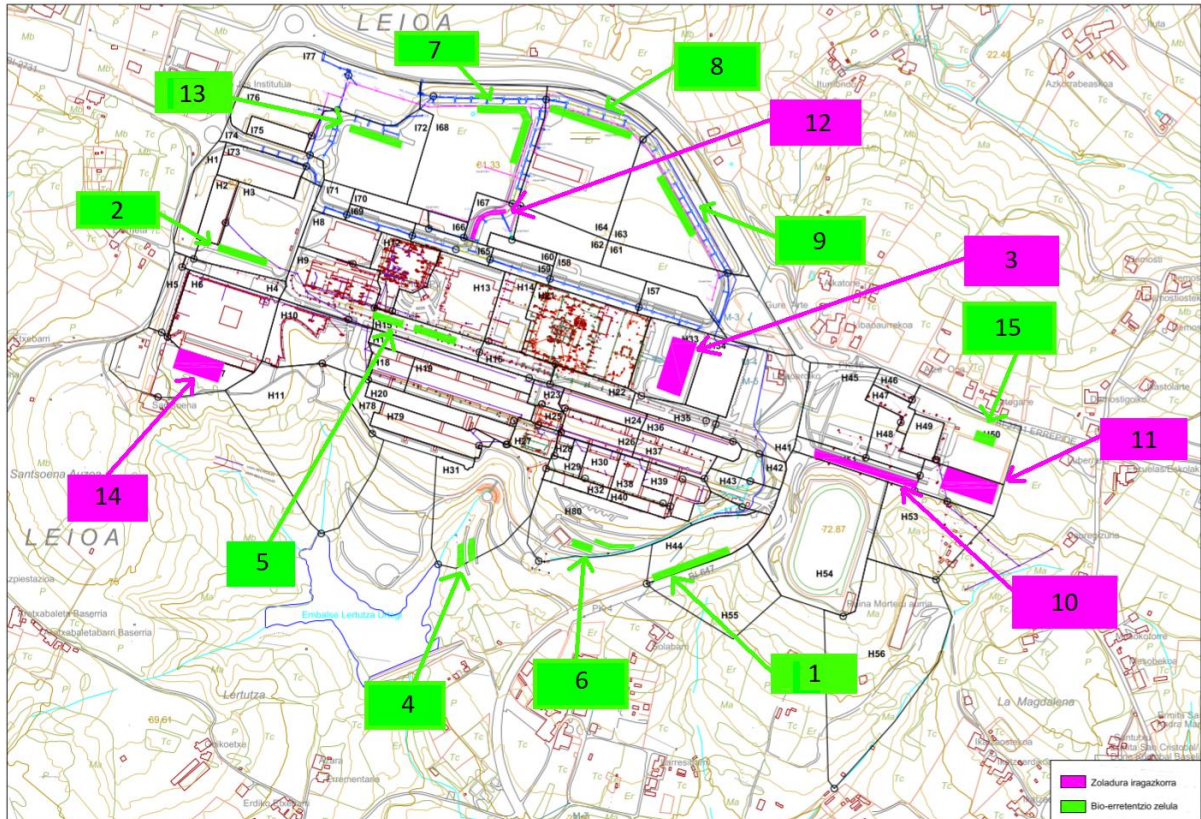
- Polutograman ematen diren puntako kontzentrazioak argi ikus daitezke. Euririk gabeko egunetan zehar elementu kutsakorren metaketa ematen da, behin prezipitazioak jauzi eta isurketa bilakatzen direnean elementu kutsakorren herrestatzea ematen da. Fenomeno honi lehenengo garbiketa (First flush ingelesez) deritzo. Lehenengo garbiketa fenomenoan ematen diren puntako kontzentrazioak bi eragile dituzte nagusi:
 - Agente kutsatzaile kantitate handiak.
 - Isurketa bolumen txikiak.
- Puntako kontzentrazioen artean 10 minutuko desfasea dago. Fenomeno honek arroen kontzentrazio-denborarekin erlazio zuzena du: urak irteera-punturaino heltzeko behar duen denbora arroaren izaera topografikoaren arabera izango da.
 - O154 puntuak bere ur guztiak tutuerietatik jasotzen ditu, bertatik urak hartzen duen abiadura handiagoa izanik, beraz puntu honetan emari handiagoak lasterrago lortuz eta puntako kontzentrazioa simulazioaren lehen bi minutuetan lortzea eraginez.
- 119 kontrol-puntuak 2,5 L/s inguruko emaria mantentzen da 11 minutu pasatu arte, eta behin emariak gora egiten duenean lortzen da puntako emaria. Honek garbiketa gertatzeko emari minimoa behar dela esan nahi du.
- Taulan gorri agertzen diren zeldak legediak ezartzen dituen kontzentrazioak gaintzen direla adierazten du. 119. kontrol-puntuak ematen den puntako balioa ezarritako maximoa baino ia 70 aldiz handiagoa da, beraz, SUDS-en aplikazioa beharrezkoa izango da.

Behin lorturiko datuak interpretatu direnean SUDS-en diseinua eta simulazioa gauzatu daiteke, hauek errealitatean izango luketen eragina aurreikusteko.

8. Hiri-drainatze-sistema jasangarrien aplikazioa

8.1. SUDS-en diseinu eta kokapena

7. atalean garaturiko informazioa aztertu eta gero, denera 15 SUDS aplikatzea erabaki da Campusaren eremuan, hurrengo irudian ageri diren zonaldeetan banatuak. 15 SUDS horiek bi motakoak izango dira: bio-erretentzio zelulak berdez adierazita daude eta zoladura iragazkorak, berriz, kolore moreaz.



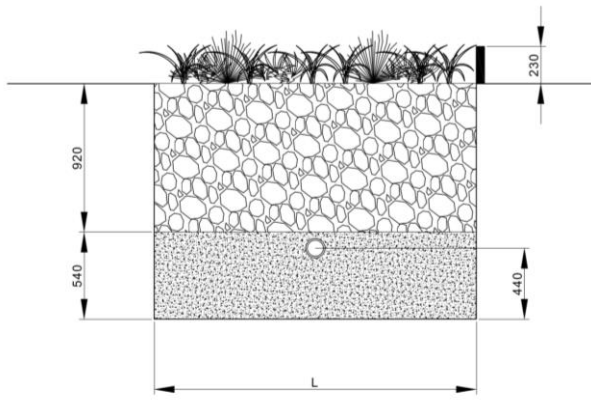
48. Irudia. Leioako Campusean aplikatuko diren SUDS-en ikuspegi orokorra. Iturria: egileak osatua

Planoan aurkeztu diren SUDS-en ezaugarriak (tipologia, kokapena eta euren azpiarroko azaleraren zenbat suposatzen duten) 13. taulan laburbilduko da.

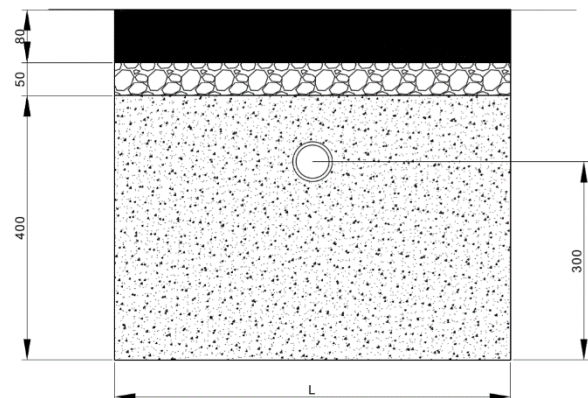
SUDS-a	SUDS tipologia	SUDS-aren kokapena arroan	SUDS-ak arroan suposatzen duen azalera (%)
1	Bio-erretentzio zelula	44	12,6
2	Bio-erretentzio zelula	3	23
3	Zoladura iragazkorra	33	26,6
4	Bio-erretentzio zelula	31	2,7
5	Bio-erretentzio zelula	15	19,2
6.1	Bio-erretentzio zelula	S80	1,5
6.2	Bio-erretentzio zelula	S80	1,5
7	Bio-erretentzio zelula	68	4,8
8	Bio-erretentzio zelula	64	4,1
9	Bio-erretentzio zelula	63	4,5
10	Zoladura iragazkorra	51	40,8
11	Zoladura iragazkorra	52	38,8
12	Zoladura iragazkorra	67	8,1
13	Bio-erretentzio zelula	72	4,5
14	Zoladura iragazkorra	7	16,3
15	Bio-erretentzio zelula	50	2,4

13. Taula. Aplikaturko diren SUDS-en tipologia, kokapena eta azpiarroan suposatzen duten azalera. Iturria: egileak osatua.

Instalatuko diren drainatze-sistema jasagarriek honako bi eredu-sekzioetan azaltzen den diseinua jarraituko dute:



49. Irudia. Bio-erretentzio zelula baten eredu-sekzioa. Iturria: egileak osatua.



50. Irudia. Zoladura iragazkor baten eredu-sekzioa. Iturria: egileak osatua.

Ondoren, 14. taulan, SUDS bakoitza era egokian definitzeko, 5.7.2. atalean azaldu bezala, Lid Usage Editor interfazeaz sartu beharreko parametroak adieraziko dira:

SUDS-a	L luzera	Z zabalera	Unitate bakoitzar en azalera	Unitate kopurua	Unitateraren luzera karakteristikoa	%Iragaz gaitza	%Iragaz korra
1	10	15	150	8	10	100	70
2	10	75	750	5	75	50	70
3	80	34	2720	1	34	70	100
4	10	10	100	6	10	100	60
5	10	10	100	10	10	70	100
6.1	10	10	100	3	10	20	25
6.2	5	10	50	6	5	20	25
7	10	15	150	10	10	0	70
8	10	15	150	8	10	0	70
9	10	10	100	10	10	0	70
10	55	17	935	2	17	50	100
11	80	30	2400	1	30	100	0
12	70	5	350	1	5	100	0
13	10	10	100	8	10	30	70
14	70	30	2100	1	30	70	30
15	10	10	100	3	10	70	50

14. Taula. SUDS-ak definitzeko parametroak. Iturria: egileak osatua

8.2. Simulazioa SUDS-ak instalatu ondoren

Simulazioa egin ondoren, kutsatzaileen egoera laburbiltzen duen taula honako hau da:

Agente kutsatzailea	Herrestatzea hasieran (kg)	Herrestatzea amaieran (kg)	Aldaketa (%)
TSS	2.918,88	2151,25	26,30
TN	18,446	13,65	25,98
TP	2,048	1,67	18,55

15. Taula. Elementu kutsakorren egoera simulazio amaieran. Iturria: SWMM-etik lorturiko datua

7.2. atalean egin bezala, kontrol-punetatik minutu bakoitzean elementu kutsakor guztien kontzentrazioak analizatu dira, legediak ezarritako balioekin baita aurreko atalean lorturiko emaitzekin ere konparatuz. Prozesua iteratiboa izan da, behin eta berriz simulazioa abiarazi, datuak lortu, interpretatu eta ebaluatuz.

Analisi hau azkartzeko Excel kalkulu-orriak sortu dira. Simulaziotik lorturiko datuak “VII. Eranskina: Hiri drainatze sistema jasangarrien aplikazioa” deritzon dokumentuan bilduta eta sakontasunez aztertua dago.

Emaitza orokor bezala 16. taula sortu da. Bertan ageri den informazioa honakoa da:

- Kontrol-puntu bakoitzak jasotzen dituen azpiarroen azalaren zenbat dagoen okupatuta drainatze-sistema jasangarriengatik.
- Kontrol-puntuaren barruko azpiarroen SUDS-etatik zein azalerari dagokion bio-erretentzio zelula eta zeini zoladura iragazkorra.
- Hasierako eta SUDS-en aplikazio ondorengo egoeretan eman diren puntako kontzentrazioen aldaketa.

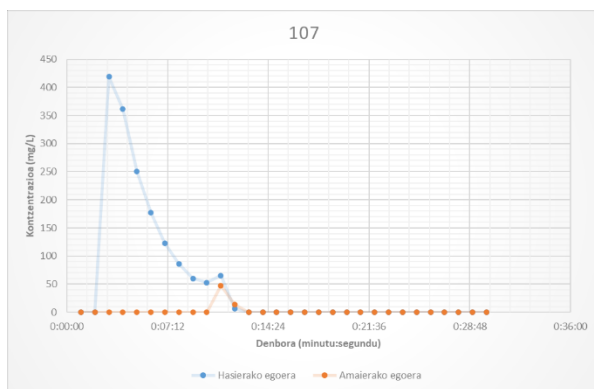
Kontrol-puntua	%SUDS	%Bio-erretentzio zelula	%Zoladura iragazkorra	TSS	TN	TP	Cu	Pb	Zn
87	0,00	-	-	0	0	0	0	0	0
107	2,75	100	0	88,26	88,61	58,23	88,20	88,89	88,26
119	12,66	100	0	81,43	82,07	74,08	81,41	80,95	81,43
130	0,00	-	-	0	0	0	0	0	0
131	0,00	-	-	0	0	0	0	0	0
132	0,00	-	-	0	0	0	0	0	0
133	7,87	6,56	93,44	25,02	32,56	51,41	24,84	33,33	25,05
153	1,50	100	0	5,07	0	14,47	5,06	0	5,06
154	2,15	87,72	12,28	61,29	61,32	49,16	61,26	60,00	61,29
155	0,00	-	-	0	0	0	0	0	0
156	1,69	100	0	31,84	36,22	50,40	31,81	27,27	31,85
157	9,28	0	100	73,03	64,26	71,90	73,04	73,08	73,02
158	6,60	30,61	69,39	0,07	0,01	0,13	0,00	0,00	0,06
Totala	3,18	33,72	66,28	12,89	12,17	14,34	12,87	13,04	12,89

16. Taula. Kontrol-puntu bakoitzeko SUDS-en informazioa eta puntako kontzentrazioen aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.

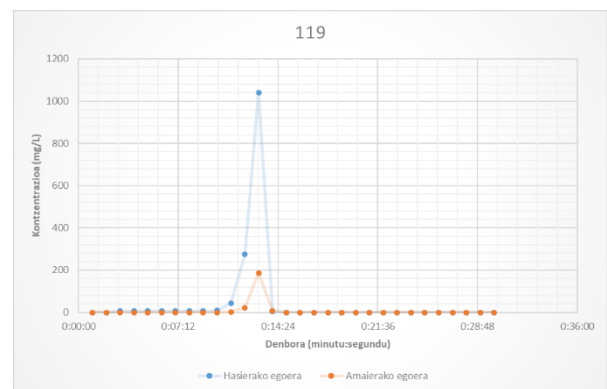
“VII. Eranskina: Hiri drainatze sistema jasangarrien aplikazioa” dokumentuan aurkezturiko informazioa interpretatu ondoren honako ondorioak atera daitezke:

- Muga-kontzentrazioak gainditzea txikitu da: kontzentrazioen taulak hasierako egoerakoekin alderatuz gero, argi ikus daiteke zelda gorrien kopurua asko txikitu dela. Kontzentrazioen murrizketa ehunekotan adierazten den tauletan era garbiago batean ikus daiteke: kolore berdeak maiz agertzeak elementu kutsakorren garbitze-prozesuaren efizientzia ona adierazten du.
- Zenbait kasutan kontzentrazioen balioak txikiagotu beharrean handiagotu egin direla ikusi da, fenomeno honek hiru jatorri ditu:
 - SUDS-ek puntako fenomenoak denboran zehar banatzen dute, laminazioa deritzon prozesuan. Honek bere eragina du bai ur bolumenean baita uraren kalitatean ere.
 - Hiri-drainatze sistema jasangarriek efizientzia bat dute, eta ez dira elementu kutsakor guztiak garbitzeko gai. Honek, aurreko puntuan azaldutakoarekin batera, elementu kutsakorren kantitatea aldatu gabe ur bolumena jaistea dakar, kontzentrazio-balioa handituz.
 - SWMM erudian bi dezimalekin bakarrik lan egin denez, kontzentrazio txikien kasuan biribilketak egin dira, emaitza ez-zehatzak lortuz.

- 16. taula da informazio gehien ematen duena. Fenomenorik garrantzitsuenak komentatuko dira:
 - Bio-erretentzio zelulak erabili diren azpiarroen kutsadura-kentze efizientzia zoladura iragazkorrek erabili diren azpiarroekin alderatuz askoz handiagoa da. Honakoa teoria atalean azaldutakoarekin bat dator: bio-erretentzio zelulek uraren kalitatean inpaktu handiagoa dute.
 - 107 eta 119 kontrol-puntuak puntako kontzentrazioen antzeko murrizte-efizientziak lortu dituzte, nahiz eta 119-ra isurtzen duten azpiarroek SUDS azalera ratio handiago duten. Honakoa azaltzeko nitrogeno totalaren kontzentrazioak bi puntu zehatz horietan sakontasunez aztertuko da.



9. Grafika. 107 kontrol-puntuko polutogramaren aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.



10. Grafika. 119 kontrol-puntuko polutogramaren aldaketa. Iturria: SWMM-etik lorturiko informazioa.

Argi ikus daiteke nola 119-ko puntako kontzentrazioa beste kontrol-puntuarena baino bi aldiz handiagoa den, beraz nahiz 107 puntuko drainatze-sistema jasangarriek ez dute 119-koen bezainbeste lan-karga izango.

9. Obra zibila

9.1. Materialak

- Bio-erretentzio-zelulak.
 - Lur begetal geruzak 0,92m-ko altuera du.
 - Biltegitatze-geruzak, legar garbiz (20/40mm) eginda, 0,54m-ko altuera du.
 - Geotextilari dagokionez, propilenoazko geotextila erabiliko da, 110 g/m²-ko dentsitatea duena. Zulo osoaren azalera betetzen du, bai hondoa baita alboetako paretak, beraz unitatearen dimentsioen arabera izango da, jakinik zulo osoa 1,46m-ko altuera duela.
 - Drainatze-sistema. 50mm-ko diametro nominala duen PVC-ko drainatze-hodiak erabiliko dira.
- Zoladura iragazkorra.
 - Zoladura geruzak, asfalto drainatzailez osatua, 0,08m-ko altuera du.
 - Trantsizio-geruzak, legar txikiz (2/5mm) eginda, 0,05m-ko altuera du.
 - Biltegitatze-geruzak, legar garbiz (20/40mm) eginda, 0,04m-ko altuera du.

- Geotextilari dagokionez, propilenoazko geotextila erabiliko da, 110 g/m²-ko dentsitatea duena. Zulo osoaren azalera betetzen du, beraz unitatearen dimentsioen arabera izango da, jakinik zulo osoa 0,53m-ko altuera duela.
- Drainatze-sistema. 50mm-ko diametro nominala duen PVC-ko drainatze-hodiak erabiliko dira.

9.2. Eraikitze-prozesua

Erabiliko diren drainatze-sistema jasagarriena izatera ezberdina dela eta SUDS bakoitza eraikitzeko jarraitu beharreko prozesua oso desberdina izango da.

9.2.1. Bio-erretentzio zelulak

Sistemako hutsegitea gertatzeko arriskua murrizteko, eraikuntzak irauten duen bitartean kontu handiz ibili behar da honako kontuekin:

- Bio-erretentzioa osatzen duen lur-nahasketa, legarrezko edo hareazko geruzak edota azpian dagoen lurzorua ez dira trinkotu behar. Atal horietan infiltrazio-prozesua gauzatzen da, eta trinkoketak ezaugarri hauen aldaketa eragin dezake.
- Hondeaketa egiteko atzerako hondeamakinak erabil daitezke, baina kontu handiz, hauek geruza ezberdinen trinkoketa eragiten baitute.
- Hondeaketaren ondoren higadurak agertzen badira, konpondu behar dira.
- Lurrustela ez da landareen inguruan pilatu behar, landareetan kalteak eta izurriteak eragin baititzake.
- Geotextilak instalatu aurretik, berrikusi egin behar dira, urradura edo hausturarik izan ez dezaten.
- Lurzorua nahasketa beste leku batetik inportatzen bada, probak egin behar zaizkio haren pH-a, partikulen banaketa eta materia organikoa ezagutzeko, hauek baitira landaredia mantentzeko, kutsatzaileak atxikitzeko eta iragazketa ahalbidetzeko gaitasunarekin lotutako ezaugarri edafologiko garrantzitsuenak azken batean.
- Landareek prozesu hidrológicoan duten garrantzia dela eta, behar bezala errotuta eta hazita arte ez dute jariatze-urik jaso behar, higadura-arazoak saihesteko. Beraz, eraiki ondoren eremu horiek babestu egin behar dira inguruko jariatze-uretatik.
- Eraikuntza-prozesu guztietan bezala araudian ezarritako prozedurei jarraitu behar zaie.

Bio-erretentzio sistema baten eraikitze-segida orokorra honakoa izan ohi da:

1. Aldez aurreko fasea edo prestaketa-fasea.

Edozein lan egiten hasi aurretik, bio-erretentzio eremuak argi markatuta egon behar dira, zonaldea babestu behar da. Sedimentazio- eta higadura-arazoak saihesteko inguruko drainatze-eremuetako jariatze-urak beste zonaldeetara bideratu behar dira.

Obra-eremuaren izaeraren arabera gainazalaren garbiketa gauzatu behar da gainean egon daitezkeen arrasto edo hondarrak kenduz eta geroago sastraka-kentzea gauzatuz sasi-garbitzeko makina baten bitartez.

2. Hondeaketa fasea.

Proiektuan finkatutako sakonera eta azalera argi eskarifikatuak daudela ziurtatu ondoren dauden lurren hondeaketa hasiko da. Aipatu bezala, oso garrantzitsua da betelanaren trinkotzea

minimizatzea; bideragarria denean, makina arinak erabiliko dira jatorrizko lurra kentzeko. Ekipo guztiak hondeatze-eremutik kanpo mantenduko dira, ahalik eta neurri handienez.

Hondeatu ondoren, pareta eta hondoak ez du geotextila kaltetu edo bere jartzea eragotz dezaketen irtengune edo elementurik izango.

3. Betelan fasea.

Hondeaketa ondoren, hutsik dagoen espazioa bete behar da, sedimentuz edo nahi ez diren materialez bete ez dadin.

Instalatu beharreko lehen elementua mintz iragazgaitza da, bai hondotik, baita alboetatik ere, nahi ez den infiltrazioa saihesteko. Iragazketa saihestu egin behar da jariatze-urak oso kutsatuta dauden eremuak zeharkatzen ditueneko edo babestu nahi den akuifero bat dagoenean.

Hartxintzar edo legar geruza jarri beharreko lehena izango da geotextilaren gainean, espazio libreak utziz urak zirkulatu dezan. Geruza honen barruan, beharrezkoa izatekotan, drainatze-sistema kokatzen da.

Draina hau tutu batez osatua dago eta gutxienez % 0,5eko maldarekin jarri behar dira. Bio-erretentzio sistemak mintza izatekotan, hortik ateratzen den urak konexio itxia izan behar du.



51. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: University of Maryland



52. Irudia. Drainatze-tutueria legar-geruzaren gainean. Iturria: University of Maryland

Baliabide iragazlea osatzen duen geruza osoa 30 cm inguruko geruzetan banatu behar da, bakoitza kontu handiz instalatuz, eta trinkotzea saihestuz. Fase honetan ezin da ekipamendu astuna erabili. Lurzoru-geruza bat jartzen den bakoitzean, urez asetu behar da, behealdetik drainatzen hasi arte, honen bidez lurzoruaren finkatzea erraztuko da. Eraiki bitartean lurzoru-nahasketa kutsatzekotan, material kutsatua ezabatu eta kutsadurarik gabeko material berriagatik ordezkatu behar da. Beharrezkoa izanez gero, eremua eskuz berdindu daiteke. Lurzoruaren betelana planoetan planifikatutakoari jarraituz egin behar da, gainean joango den lurrustel-geruzarako lekua utziz.

Lurrustelak uniformeki tapizatu behar du bio-erretentzio gunea, 7,5 cm-ko inguruko lodierarekin, eta osagai nagusiak zuhaitz birrinduaren azala eta zurezko txirbilak dira. Ez du substantzia organikorik edo lurzoru-trazarik sartu behar, infiltrazioa gauzatzeko oztipoa suposatzen baitute.



53. Irudia. Lur-nahastearen betelana. Iturria: Washington Stormwater Center

4. Landaketa fasea.

Lurzorua behar bezala kokatu dela egiaztatu ondoren, landare-espezieak landatzen dira. Landaketan arreta berezia jarri behar da gainazalean sedimentuak edo bestelako materialak lagatzen ez uzteko; hala bada, berehala kendu behar dira.

Hautatutako espezieek guztiz bideragarriak eta klima-baldintzetara egokituak izan behar dute, baita sustraitze-prozesurik onena duten sasoietan landatzea komeni da. Honetarako, komeni da espezialista baten iritzia izatea, kasu bakoitzerako landareri onenak zein diren eta landare horiek nola eta noiz landatu behar diren zehazteko, garapena eta hazkundea ezin hobekak izan daitezken.

Landaredia erabat finkatuta egon arte, ezin izango da sistema martxan jarri eta ura iragaziko duen sistemak ingurunera aterako duenez, ez da ongarrantzeko elementurik erabili behar. Garrantzitsua da, lehen urtean maiz ureztatzea landare-finkatzea arrakastatsua izateko.



54. Irudia. Landarediaren kokapena. Iturria: Biofilta

9.2.2. Zoladura iragazkorra

Mota honetako edozein obra zibiletan bezala, aplikazio-eremua planifikatzea eta ezagutzea lehenesten da, haren bizitza erabilgarria eta eraginkortasuna ahalik eta gehien bermatzeko. Jarraian, zoladura iragazkorren eraikuntzan kontuan hartu behar diren hainbat irizpide aipatuko dira:

- Higadura eta sedimentuen kontrola. Inguruko eremua egonkortua egon arte ez da instalazioa egin behar, hau da, hondakin edota sedimenturik gabe egon arte. Lurra higatua ez egotea komeni da. Hori lortu ezean, eremuko isurpenak zoladuraren eragin-eremutik kanpo desbideratu behar da.
- Lurzorua trinkotzea. Azpiko eta inguruko lurrak ez dira trinkotu behar, orokorrean ekipo arinekin egin behar da eraikuntza.
- Oinarri-azpiko lurren instalazioa. Oinarri-azpiaren agregatuek garbi eta finik gabe egon behar dute.

Zoladura iragazkor baten eraikitze-segida orokorra honakoa izan ohi da:

1. Aldez aurreko fasea edo prestaketa-fasea.

Hasiera batean, lurzoru naturalen lagina hartu beharko da, iragazkortasunari eta karga-ahalmenari buruzko probak egin beharko dira diseinuko balioekin alderatuz eta egokitasuna aztertuz.

Horren ondoren, zoladura berria jarriko den eremua trazatu eta markatuko da. Lehendik dagoen zoladuraren bat egotekotan kendu behar da. Kasu batzuetan, asfaltozko lokailu arrastoak daude, hauek kendu behar dira, material horiek ez baitute ura iragazten utziko.

Era berean, lehendik dagoen beste zoladura batekin junturak utzi behar izatekotan, zoladura iragazkorren instalazio-eremuak kurbadura batekin mugatu beharko dira. SUDS hau ohiko zoladura baten ondoan jarri behar denean, bere ingurua plastikozko geruza batekin babestu behar da, infiltratzen den urak kalteak sor ditzakeelako.

Juntura horiek zoladura erdiko ardatz batekiko bertikalki moztuta egingo dira, angelu zuzenak erabiliz eta euren artean 450 eta 600 mm bitarteko tartea utzita. Junturak asfalto diluituz erabat estaltzen dira zoladuraren nahasketa utzi aurretik. Juntura leundu eta arrastelu batekin nibelatu behar da, soberako materiala baztertuz eta behar bezala leunduz.

Oinarriaren gainazalean egon daitezkeen eta zoladuran sar daitezkeen kutsatzaile iragazgaitzak desbideratu behar dira. Horretarako, eraikuntza-ekipoak zoladura kokatuko den eremutik urrun mantendu, lokatza oztopatzeko hesiak eta jariatze-urak eraikuntza-eremutik desbideratzen duten behin-behineko infiltrazio-zangak instalatzea. Neurri hauek zoladurak euren bizitza erabilgarrian zehar iragazkorrak izaten jarraitzea ahalbidetzen dute.

2. Hondeaketa eta lurzoru naturalaren egokitzearen fasea.

Behin trazadura eta aurreko zoladuren kentzea amaituta, proiektuan ezarritako zoladuraren eta erabiliko den oinarriaren lodiera zehazpena jarraituta, sistemaren sakonera zehaztu eta hondeatu daiteke. Hondeaketa lur naturala aurkitu arte egitea da egokiena; puntu horretan bibro-trinkoketa prozesua aplikatzen da, lurra egonkortzeko eta nibelatzeke, horrela eraikuntza-prozesuan ager daitezkeen deformazio solteak saihestu daitezke. Prozesu honetan, gainera, malda egokiak utzi behar dira xurgatze-kanalitarantz uraren ebakuazioa ahalbidetzeko.

Zoladura jarri aurretik, azpi-oinarria trinkotu egin beharko litzateke, hezetasun-baldintzen arabera eta baliabide mekanikoen bidez. Lurzoru motaren arabera, azpi-oinarria AASHTO-k o metodoak zehaztutako dentsitatearen %90 eta %95 artean trinkotu beharko litzateke.

3. Geotextila eta betelanaren fasea.

Beste material garrantzitsu bat geotextila da, euste-ahalmen txikia duten lursailen ezaugarriak hobetzearren erabilia. Zuzenean aplikatzen dira mekanikoki trinkotutako lekuan, eta horren gainean aplikatzen da azpi-oinarria, bere lekuan finkatzeko ere balioko duena. Oinarria material nagusiaren azpitik datorren geruza da, eta harri mota desberdinekin egin daiteke, harea kantitate handia ez badute.

Geotextila fabrikatzaileak ezarritako arau eta gomendioen arabera instalatu behar da, eta beharrezko neurri guztiak hartu behar dira biltegitarte-geruzan sar daitekeen edozein sedimentu edo elementu kutsakor saihesteko.

Oinarritzko geruza % 95eko gehieneko trinkotzearekin instalatu behar da Proctor estandarra "ASTM D698" edo "AASHTO T99"-n ezarritakoaren arabera; geruza horrek behar bezain uniforme izan behar du, asfaltoa jarri ahal izateko, eta gutxienez 10 cm-ko sakonera izan behar du.

Eremua erabat egonkortuta eta lan egiteko prest dagoenean hasieran ezarritako aldi baterako kontrolak kendu daitezke.



55. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: geotexan.com



56. Irudia. Geotextilaren kokapena. Iturria: rafiaindustrial.com

4. Asfaltoaren instalazioaren fasea.

Garraio-ekipoak ez dira oso handiak izan behar; gainera, garbi egon behar dute eta deskarga leunak egin behar dituzte, inpaktu handirik ez sortzeko. Nahasketak estalita egon beharko du euritik, hautsetik eta tenperatura-aldaketetatik babesteko.

Normalean tenperatura altuak behar izaten dira (asfalto-nahasketaren tenperatura 135°C eta 165°C artean egon behar da) geruzen arteko itsaspena lortzeko eta interfazeko agregatuaren haustea eragozteko.

Zolatzeko makinak aldi berean beharrezko zabalera eta lodierak ezarri eta nahasketa era egokian zabaldu behar du, ahalik eta akabera onena lortzearren. Hau lortzeko, nibelazio-erregelak doigarria izan behar du nahi den, zeharkako sekzio-forma ematea ahalbidetuz. Bukatutako gainazalak testura uniforme eta zuzena izan behar du, eta ez du urradurarik izan behar.

Asfaltoa 4cm-ko lodierako bi tongadetan jarri behar da, eta asfaltozko geruzak erabat elkartzen direla ziurtatu behar da; gainera, hautsik, hezetasunik eta trafikorik gabe mantendu behar dira prozesu osoan. Asfaltozko nahasketa zabaldu eta gainazaleko irregulartasunak zuzendu ondoren, asfaltozko lamina bakoitza modu uniformean trinkotuko da.

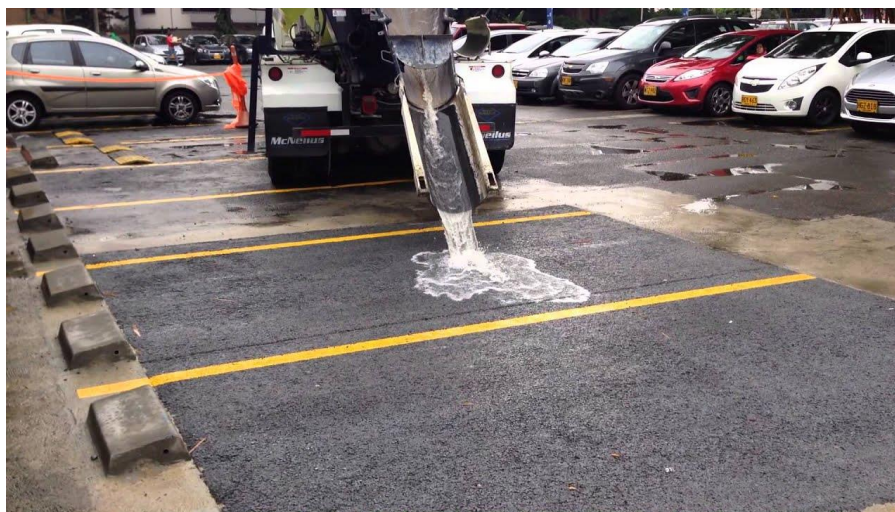


57. Irudia. Asfalto-makina. Iturria: Sammya Nig Ltd

5. Amaierako fasea.

Zintarriak, estoldak eta erregistro-putzuak bezalako ukipen-gainazalak asfalto diluituko geruza mehe eta uniforme batez margotu behar dira asfaltozko nahasketa gainean jarri aurretik. Gainazala era uniformean dagoela egiaztatu behar da; trantsizioak erabat fusionatu behar dira eta garbi egon behar dira, eta zoladuraren akabera erregularra eta desnibelik gabe izanik.

Zoladuraren gainazala garbitu behar da material soltea eta hautsa kentzeko. Zoladura diseinatu den funtzioaren arabera 10 cm-ko zabalera duten lerroak margotu behar dira bai aparkaleku-eremuak baita erreiak adierazteko.



58. Irudia. Zoladura iragazkorra. Iturria: 360º en Concreto - Blog Argos

10. Aurrekontua

Atal honetan, modu orokorrean aurrekontu orokor bat aurkeztuko da, eraikuntza-proiektuetakoa baino sinpleagoa, baina proposatzen diren soluzioen balorazio egiteko behar adina xehetasunekin.

Extremadurako datu-basea erabili da prezio unitarioen zehazpenerako, bertako informazioaren erabilerraztasuna dela eta. Jarraituriko prozedura sakontasunez azalduta dago “VIII. Eranskina: Aurrekontua” dokumentuan.

Kodea	Partidaren izena	Unitateak	Prezio unitarioa
Aurreko lanak			
U02CAB100	Sastraka-kentzea	m ²	0,63
U02CZE020	Hondeaketa	m ³	3,97
U01CRL020	Zoladuren altxatze- eta kentze-prozesua	m ²	1,19
Isolatzailak			
U04W010	Propilenoazko geotextila. 110 g/m ²	m ²	0,83
Betelanerako materialak			
U11AT030	Lur begetala	m ³	15,79
P01AG150	Legar garbia (20/40mm)	m ³	11,99
P01AG100	Legarra (2/5mm)	m ³	13,57
U04CM310	Zoladura drainatzailea	m ³	397,29
Gainazaleko flora			
U09PRI010	Lurrustelaren gaineko flora	m ²	10,97
U09AM110	Lurrustela	m ²	1,08
Hodiak			
U07TV220	PVC-ko drainatze-hodiak. 50mm-ko diametroa	m	3,39

17. Taula. Prezio-unitarioak. Iturria: basepreciosconstruccion.gobex.es-tik egokituak.

Alde batetik bio-erretentzio zelulen kostuak daude:

SUDS-a	Prezioa (€)
1	49.125,04
2	152.353,03
4	24.678,79
5	41.131,32
6.1	12.339,39
6.2	12.412,10
7	6.1406,3
8	49.125,04
9	41.131,32
13	32.905,06
15	12.339,39
Totala	488.946,79

18. Taula. Bio-erretentzio zelulak eraikitzeke kostuak. Iturria: egileak osatua.

Beraz bio-erretentzio zelulek 488.946,794€, LAUREHUN ETA LAUROGEITA ZORTZI MILA BEDERATZIEHUN ETA BERROGEITA SEI EURO ETA ZAZPIEHUN ETA HIRUROGEITA HEMERETZI ZENTIMO-ko kostua izango dute.

Kontuan hartuta 11.950m² okupatzen dutela, 40,92€/m²-ko kostea izango dute.

Beste alde batetik zoladura iragazkorak daude:

SUDS-a	Prezioa (€)
3	112.829,69
10	77.756,87
11	99.587,52
12	14.720,93
14	87139,08
Totala	392.034,09

19. Taula. Zoladura iragazkorak eraikitzeako kostuak. Iturria: egileak osatua.

Beraz zoladura iragazkorrek 392.034,09€, HIRUREHUN ETA LAUROGEITA HAMABI MILA ETA HOGEITA HAMALAU EURO ETA BEDERATZI ZENTIMO-ko kostua izango dute.

Kontuan hartuta 23.490m² okupatzen dutela, 16,69€/m²-ko kostea izango dute.

Beraz obra guztiak 880.980,886€, ZORTZIEHUN ETA LAUROGEI MILA BEDERATZIEHUN ETA LAUROGEI EURO ETA LAUROGEITA BEDERATZI ZENTIMO -ko kostu totala izango du.

Kontuan hartuta 35.440m² okupatzen dutela, 24,86€/m²-ko kostea izango dute.

SUDS tipologia	Azalera (m ²)	Prezioa (€)	Prezio unitarioa (€/m ²)
Bio-erretentzio zelula	11.950	488.946,79	40,92
Zoladura iragazkorra	23.490	392.034,09	16,69
Obra guztia	35.440	880.980,89	24,86

20. Taula. Aurrekontuaren laburpena. Iturria: egileak osatua.

Argi ikus daiteke nola bio-erretentzio zelulen exekuzio-koste unitarioa zoladura iragazkorrena baino askoz handiago dela eta horrek bi unitateen arteko dimentsio-ezberdintasunarekin du zerikusia. Bio-erretentzioaren kasuan metro bateko sakonerako elementua da, eta zoladura iragazkorra, berriz, metro erdiko. Beraz, zoladura iragazkorra eraikitzeo bai betelaneko materialen altuera, baita hondeaketa altuera bio-erretentzioaren erdia da, prezio-unitarioen diferentzia hori sortuz.

11. Ondorioak

Hasierako atalean adierazi bezala, Gradu Amaierako Lan honen helburua euri-uren kalitateari buruzko ikerketa lana burutzea da, gai honen inguruko bestelako lanentzako aurrekari bat ezartzeko. Kalitatearen modelizazioa ez ezik, hiri-drainatze sistema jasangarrien aplikazioa ere aztertu da, hauen eragina elementu kutsakorretan azpimarratuz. Leioako Campuseko ahultasunak aztertuta eta aplikaturiko soluzioaren emaitzak ikusita emaitza orokor positiboak lortu direla ondorioztatu da.

7.2. atalean eta “VI. Eranskina: Egungo modeloaren simulazioa” dokumentuan aurkeztu diren datuak ikusita, agerian geratzen da azterturiko eremuan guztiz beharrezkoa dela elementu kutsakorrak kentzeko tratamenduren bat egitea. Kontrol-puntuen azterketaren bidez Leioako Campusa sare orokorrera isurtzen dituen uren kalitatea ikuskatu egin ahal izan da, elementu kutsakorren jatorria identifikatuz eta puntako kontzentrazioak ingurunea kaltetzeko muga-balioak baino 50-150 aldiz handiagoko balioak hartzen dituztela ondorioztatuz.

Behin eremu gatazkatsuak identifikatuak, hiri-drainatze sistema jasangarrien diseinua eta aplikazioa gauzatu da, euren eragina 8.2. atalean eta “VII. Eranskina: Hiri drainatze sistema jasangarrien aplikazioa” dokumentuan azaldu direlarik. Nahiz eta elementu kutsakorren mugako balioak oraindik gainditzen diren, Campus osoaren %3-ko azaleran SUDS-ak instalatuz %12-tik %14-rako puntako kontzentrazioen murrizpena lor daitekeela ondorioztatu da. Kalitatearen ikuspuntutik bio-erretentzio zelulek eraginkortasun altuagoa dutela ere ondorioztatu da, hauen konposizioak ebapotranspirazio-eta filtrazio-prozesuen bidez lortzen baitute elementu kutsakorren araztea.

Gainera, proiektuak suposatuko lukeen kostuaren kalkulua egiteko azterketa ekonomiko xume bat eginuz, proposaturiko soluzioak eskuragarriak eta egingarriak direla ezartzen da. Gehienak hondeaketa txikien bitartez gauzatuko dira, eta, oro har, beharrezkoak diren materialak eskuratzea erraza eta kostu gutxikoa da.

Orokorrean SUDS-ei esker uren tratamendu bizkorra, arazoaren iturrian bertan gauzatua eta jasangarria ahalbidetu da, inpaktu bisual handirik egin gabe eta Campusaren estetika mantenduz, ibilguetara isuritako kutsatzaile mailak txikiagotuz, ingurumenean inpaktu zuzena izanda.

12. Etorkizunerako jarraibideak

Azterlan guztian zehar aipatu bezala, euri-uren kalitatearen modelizazio matematikoa ez da oso alor ikertua. Honek, prozesu hauen izaera estokastikoen batera, hainbat arazo sortu ditu ikerlan honen garapenean, beraz, etorkizunari begira honako jarraibideak ezarriko dira emaitzen zehaztasuna eta errealtasuna bermatzeko:

- Elementu kutsatzaileen izaera parametrizatzeko erabili diren koefizienteen egokitasuna bermatzeko “in-situ”-ko entseguak egin beharko litzateke: bai elementuen metatzea baita uren bidezko herrestatzea definitzen duten parametroen zehazpenerako.
- SUDS-en izaera parametrizatzeko laborategiko entseguak egin beharko lirateke ezarriko diren unitateen geometria eta izaera hidrogikoa zehaztasunez definitzeko.

- SUDS-en arazte koefizienteak parametrizatzeko erabili diren bermatzeko laborategiko entseguak egin beharko lirateke ezarriko diren SUDS unitateen arabera.

Behin parametro hauen zehazpena era egokian eginda lortuko diren emaitzak askoz zehatzagoak izango dira, eta horren ondorioz errealtatean emango diren elementu kutsatzaileen kantitate eta kontzentrazioak aurreikustea posiblea izango da; iragarpen hauetan oinarriturik, hiri-drainatze sistema jasangarrien eraikitze-proiektu zehatza definitzea eta exekutzea posiblea izango da.

13. Legedia

Oro har, egungo saneamendu-araudiek ez dute hiri-drainatze jasangarria bereziki azpimarratzen; izan ere, araudiak ohiko hiri-drainatze-sistemetak garatu ziren.

Drainatze-sistemen proiektugileek erabili behar dituzten legezko zehaztapen teknikoak Europa eta Estatu mailan daude zehaztuta. Eta lege-eskakizun horiez gain, kasu gehienetan, gomendioak ere aurkitzen ditugu, eta nahiz eta ez diren nahitaez bete beharrekoak, komenigarria da horiei jarraitzea diseinatutako sistemen garapenean eta funtzionamenduan segurtasun handiagoa izateko.

Azpimarratu behar da SUDSak, naturan oinarritutako irtenbide gisa, herrialdeen garapenerako politiken osagai garrantzitsua direla, bai eta Garapen Jasangarriko Helburuak lortzeko estrategia eraginkorra ere.

Jarraian, SDUSEkin lotutako legeria eta gomendio garrantzitsuenak jasotzen dira, Europa, Estatu, Autonomia eta toki mailan.

13.1. Europa mailan

Nahiz eta ez egon araudi espezifikorik drainatze jasangarriak arautzeko, Europa mailan badaude ingurumen gida batzuk hiri-sistema hauen funtzionamenduarekin erlazionatuta. Hurrengo hauek dira ingurumen gidak:

- "Lurzoruaren zigilatzea mugatzeko, arintzeko edo konpentsatzeko jardunbide egokiei buruzko jarraibideak", Europako Batzordearen 2012ko lan-dokumentua (ISBN 978-92-79-26211-1), lurzoruaren zigilatzea arintzeko neurri gisa (29. orritik 32. orrira), honako hau ezartzen duena: material eta azalera iragazkorren erabilera, azpiegitura berdearen edo ura hartzeko sistema naturalen kontzeptuan oinarritutako hirigintza-diseinua.
- 2007ko uholdeei buruzko zuzentarauaren helburua da uholdeek gizakien osasunerako, ingurumenerako, kultura-ondarerako eta ekonomiarako dituzten arriskuak murriztea eta kudeatzea.
- Uraren Esparru Zuzentaraua. Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren 2000/60/CE Zuzentaraua, 2000ko urriaren 23koa, ur-politikaren esparruan jarduteko komunikazio-esparrua ezartzen duena.
- 2006/118/CE Zuzentaraua, 2006ko abenduaren 12koa, Europako Parlamentuarena eta Kontseiluarena, lurpeko urak kutsaduratik eta narriaduratik babesteari buruzkoa.
- 2006/11 Zuzentaraua, Europako Batzordearena eta Parlamentuarena, 2006ko otsailaren 15ekoa, Erkidegoko ingurune urtarrean substantzia arriskutsu batzuek eragindako kutsadurari buruzkoa.

- 2006/7/CE Zuzentaraua, Europako Parlamentuarena eta Kontseiluarena, 2006ko otsailaren 15ekoa, bainatzeko uren kalitatearen kudeaketari buruzkoa eta 76/160/CEE Zuzentaraua indargabetzen duena.
- 2001/2445 CE Erabakia, ur-politikaren eremuan lehentasuna duten substantzien zerrenda onartzen duena eta 2000/60 CE Zuzentaraua aldatzen duena. Zuzentaru horrek uren politikaren esparruan jarduteko Europako esparru bat ezartzen du.
- Paisaiaren Europako Hitzarmena, Florentzian 2000ko urriaren 20an onartua. Helburu nagusia Europako paisaiak babestea, kudeatzea eta antolatzea da. Espainiak 2007ko azaroaren 26an berretsi zuen (2008ko otsailaren 5eko BOE) eta 2008ko martxoaren 1etik dago indarrean.
- 98/83/CE Zuzentaraua, Europako Kontseiluarena, 1998ko azaroaren 3koa, giza kontsumorako uren kalitateari buruzkoa. Doce NºL.330, 1998-12-05.
- 91/676/ CEE Zuzentaraua, 1991ko abenduaren 12koa, Kontseilu Europarrarena, urak nekazaritzan erabilitako nitratoek sortutako kutsaduratik babesteari buruzkoa [1991-12-31ko Aldizkari Ofiziala, 375 L]. 1882/2003 (CE) Erregelamendua, Europako Parlamentuarena eta Kontseiluarena, 2003ko irailaren 29koa [2003-10-31ko 284. Aldizkari Ofiziala].
- 91/271/CEE Zuzentaraua, Europako Kontseiluarena, 1991ko maiatzaren 21ekoa, hiriko hondakin-uren tratamenduari buruzkoa. Hiriko hondakin-uren isurketak dira, duten garrantzia dela-eta, eutrofizazio itxurako ur-inguruneen bigarren kutsadura-iturria. Zuzentaru horren helburua da ur horiek tratatzeko neurriak erkidego-mailan harmonizatzea.
- 96/82/CE Zuzentaraua, 1996ko abenduaren 9koa, Kontseilu Europarrarena, istripu larrietan gai arriskutsuak parte hartzen dutenean sortzen diren arriskuak kontrolatzeari buruzkoa.
- 96/61/CE Zuzentaraua, Kontseilu Europarrarena, 1996ko irailaren 24koa, kutsaduraren prebentzio eta kontrol integratuari buruzkoa.
- Kontseiluaren 92/43/CEE E Zuzentaraua, 1992ko maiatzaren 21ekoa, habitat naturalak eta basoko fauna eta flora kontserbatzeari buruzkoa.
- 85/337/CEE Zuzentaraua, Europako Kontseiluarena, 1985eko ekainaren 27koa, zenbait proiektu publikok eta pribatuk ingurumenean dituzten ondorioak ebaluatzeari buruzkoa.

Europako beste herrialdeetan drainatze-sistema jasangarrien erabilpena hedatuagoa dagoenez badaude euri uren berrerabilpena behartzen duten zenbait herrialde:

- Erresuma Batuko BS 815 araua, 2009
- 2008ko uztailaren 2ko Dekretua eta abuztuaren 21eko Agindua, euri-urak berreskuratzeari eta horiek eraikinen barruan eta kanpoan erabiltzeari buruzkoa, Frantzia 2008.

13.2. Espainia mailan

Espainiako legerian ez dago hiri-drainatze jasangarriko sistemei buruzko aipamenik, "ITOHG-SAN Saneamendu-sistemak" jarraibidean obra hidraulikoei buruz ezarritako Galiziako araudia izan ezik. Bertan, SAN-1/4k ezartzen du hiri-saneamenduko diseinu berriak drainatze-teknika sistema jasangarriei lehentasuna emanez egin behar direla.

- 638/2016 Errege Dekretua indarrean sartzean, aurrerapen handia egin da Espainian hiri-drainatzearen paradigma-aldaketarantz, ohiko ikuspegitik SUDS ohiko irtenbide gisa hartzen duen sistema baterantz. Hark uholde-arriskuen, emari ekologikoen, erreserba hidrolgikoen eta hondakin-uren isurketen kudeaketari buruzko erregelamenduak aldatzen ditu, eta honako

hau ezartzen du jabari publiko hidraulikoko jarduketak diseinatzeko: "Urbanizazio berriek, industrialdeek eta, oro har, hirigintza-garapenek drainatze jasangarriko sistemak sartu beharko dituzte, hala nola gainazal eta akabera iragazkorak, uholde-arriskuaren balizko gehikuntza arintzeko. Horretarako, hirigintza-garapenaren espedienteak hori justifikatzen duen azterlan hidrológico-hidrauliko bat jaso beharko du" (126ter artikulua, 7. puntua).

- 233/2013 Errege Dekretua, apirilaren 5ekoa, Etxebizitzaren alokairua sustatzeko, eraikinak birgaitzeko eta hiriak berronertzeko eta berritzeko Estatuko Plana arautzen duena. 26. artikuluan, estalki berdeak, edateko uraren erabilera murriztekoak eta ureztatzekoak, eta hiriko jariatzeen kudeaketa jasangarrikoak sartzen dira diruz lagundu daitezkeen jarduerara gisa.
- 400/2013 Errege Dekretua, ekainaren 7koa, Kantauri Ekialdeko Demarkazio Hidrografikoaren Espainiako zatiaren Plan Hidrológico onartzen duena. 56.1 artikuluan hau adierazten du: "Intertzeptatutako arroaren edo arroen drainatzean aldaketak eragin ditzaketen urbanizazio, industrialde, hirigintza-garapen eta azpiegitura lineal berriek drainatze jasangarriko sistemak sartu beharko dituzte (zoldura iragazkorren, tankeen edo ekaitz-gailuen erabilera, etab.)."
- 1290/2012 Errege Dekretua, irailaren 7koa, Jabari Publiko Hidraulikoaren Erregelamendua — apirilaren 11ko 849/1986 Errege Dekretuaren bidez onartua — eta martxoaren 15eko 509/1996 Errege Dekretua — abenduaren 28ko 11/1995 Errege Lege Dekretua, hiriko hondakin-uren tratamenduari aplikatu beharreko arauak ezartzen dituena — aldatzen dituena. Eta 259 ter artikuluan ("saneamendu-sistemen gainezkatzeak euriteetan"), a atalean, adierazten da hiri-garapen berrien proiektuek kolektoreei euri-uren ekarpena mugatzeko neurriak planteatu beharko dituztela.
- Jabari Publiko Hidraulikoaren Erregelamendua aldatzen duen 1290/2012 Errege Dekretua, besteak beste, sistema unitarioek eguraldi hezean gainezka egitetik eratorritako isurketen ondoriozko kutsadura-egoerak aurreikusteko egin zen. 259ter artikuluan ezartzen da garapen berrietarako proiektu guztiek sare unitarioak edo bereizleak izatea komeni den planteatu behar dela, eta kolektoreei ura ekartzea mugatzeko neurriak hartu behar direla. Ezartzen dituen printzipioen aplikazio praktikoa 2019ko urrian oraindik onartu ez diren Arau Teknikoetan ezartzeke geratzen da, nahiz eta arau horiek SUDSak hiriko jariatzeen kontrola errazten duten neurritzat hartuko dituzten, eta horien inplementazio orokortuak LSDak nabarmen murriztu ditzakeen.
- 509/1996 Errege Dekretua, martxoaren 15ekoa, hiriko hondakin-uren tratamenduari aplikatu beharreko arauak ezartzen dituen abenduaren 28ko 11/1995 Errege Lege Dekretua garatzen duena. Urriaren 2ko 2116/1998 Errege Dekretuak aldatua. Eta dagokion akats-zuzenketarekin.
- 11/1995 Errege Lege Dekretua, abenduaren 28koa, hiriko hondakin-uren tratamenduari aplikatu beharreko arauak onartzen dituena.

13.3. Autonomia Erkidego eta udalerrri mailan

Saneamendu-araudiei dagokienez, hiri bakoitzak bere diseinu arauak ditu.

Estatuko zenbait hiritan, SUDS sistemak ere sartu dira beren ordenantzetan, hala nola:

- Castellón de la Planako Udalaren Hiri Antolamenduko Plan Orokorraren (HAPO) ordenantza xehekatuak, gaur egun izapidetze-fasean daudenak, hirigintza-plangintzan baliabide hidriko alternatiboen erabilera sustatzen da, eta kontuan hartzen da euri-urak bildu, biltegitatu eta tratatzeko sistemak sartzea, geroago berrerabiltzeko. Zolduraren atalean, azalera iragazkorak zoldura porotsu gisa erabiltzea eskatzen du urbanizazio-jarduketa guztietan.

Espaloi, bulebar eta erdibitzaile, eta plaza eta berdeguneetan, azalera iragazkorraren gutxieneko ehuneko bat zehazten da.

- Madril hiriko Uraren Kudeaketa eta Erabilera Eraginkorrerako Ordenantza. 8. artikuluan, eraiki berri diren urbanizazioek izan behar dituzten zoladura iragazkorren ehunekoak zehazten ditu.

Euskadi mailan, ez dago araudi zehatzi hiri-sistema jasangarri hauentzat. Espainian bezala, zenbait lege daude jasangarritasuna lantzeko baina bakarrik aholku edo gida bezala. Beraz, etorkizunerako garrantzitsua da drainatze jasangarri hauentzat arau espezifikoak zehaztea, hiri eredu berriak sortu ahal izateko.

15. Eranskinak

- I. Eranskina. Hiri-drainatze sistema jasangarriak.
- II. Eranskina. Storm Water Management Model.
- III. Eranskina. Azterketa geologikoa.
- IV. Eranskina. Egungo modelooren diseinua.
- V. Eranskina. Erabilpen-eremuen definizioa.
- VI. Eranskina. Egungo egoeraren simulazioa.
- VII. Eranskina. Hiri-drainatze sistema jasangarrien aplikazioa.
- VIII. Eranskina. Aurrekontua.
- IX. Eranskina. Leioako Campusa SWMM modeloa.

14. Bibliografia

Abellán García, A.I. (d.g.). iagua. Los impactos de la urbanización en el ciclo del agua: <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/impactos-urbanizacion-ciclo-agua> helbidetik eskuratua

Abellán García, A.I.; Cruz Pérez, N.; Santamarta, J.C. (2021). Sustainable Urban Drainage Systems in Spain: Analysis of the Research on SUDS Based on Climatology. Sustainability, 13, 7258. <https://doi.org/10.3390/su13137258>

Bizkaiko Foru Aldundia, (d.g.). Bizkaiko Foru Aldundia. Klima. https://www.bizkaia.eus/home2/Temas/DetalleTema.asp?Tem_Codigo=2408&Idioma=EU helbidetik eskuratua

Ambiente, C. N. (2018). Agua y ciudad. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Base de precios de la construcción del Gobierno de Extremadura. (d.g.). Extremadura, España.

- Bideoa: Charla: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Serrano Pacheco, A. (2018), Centro de Transferencia Tecnológica – LanammeUCR, <https://www.youtube.com/watch?v=Neyr292873Q> helbidetik eskuratua
- Callister, W. D. (1997). Materials science and engineering: an introduction. New York: John Wiley & Sons.
- Campbell, B. (2021). What is total suspended solids (TSS)?, Water & Wastes Digest, 16.04.2021, <https://www.wwdmag.com/suspended-solids-monitors/what-total-suspended-solids-tss> helbidetik eskuratua
- De la Fuente García, L.; Perales Momparler, S.; Rico Cortés, M.; Andrés Doménech, I.; Marco Segura, J. B. (2021). Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. Cicle Integral de l’Aigua. Ajuntament de València.
- Ministerio para la Transición Ecológica, (2018). Incorporación del cambio climático en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) en el segundo ciclo de aplicación de la directiva de inundaciones (2007/60/CE).
- Ministerio para la Transición Ecológica, (2019). Guís de adaptación al riesgo de inundación: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Madrid.
- Ecosocial, A. (d.g.). El ciclo urbano del agua. <https://aguaecosocial.com/ciclo-urbano-del-agua/> helbidetik eskuratua
- Engineering, S. (d.g.). Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Área Mixta de Zorrotzaurre. Anejo Nº10. Redes de pluviales y fecales.
- EPTISA. (2012). Estudio Geotécnico. Proyecto de Ejecución de edificio denominado PLATAFORMA TECNOLÓGICA 1 en Parque Científico de la Universidad del País Vasco Campus de Bizkaia, área de Leioa-Erandio. Leioa.
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, (d.g.). Capítulo 6. Infiltración. http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%206.pdf helbidetik eskuratua
- GeoEuskadi. (d.g.). GeoEuskadi: <https://www.geo.euskadi.eus/zer-da-geoEuskadi/s69geocont/eu/> helbidetik eskuratua
- IDOM. (2012). Estudio geológico-geotécnico de un aparcamiento en el Campus de Leioa de la UPV/EHU (Bizkaia). Leioa.
- Madrid, A. D. (2018). Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres.
- Perales, S. (2019). Tipología de las técnicas SUDS. Jornadas. Retos de la gestión de aguas pluviales mediante sistemas de drenaje urbano sostenible.

- Rossman, L.; Huber, W. (2015). Storm Water Management Model Reference Manual Volume I, Hydrology. US EPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/R-15/162A.
- Rossman, L.; Huber, W. (2016). Storm Water Management Model Reference Manual Volume III – Water Quality. US EPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/R-16/093.
- Rossman, L.; Schade, T.; Sullivan, D. (2005). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0.
- Soler Palau, (2018). Partículas en suspensión: qué son, cómo nos afectan y cómo podemos reducir su presencia, <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/particulas-suspension/> helbidetik eskuratua
- SuD Sostenible (d.g.) <http://sudsostenible.com/> helbidetik eskuratua
- U. S. Agency, (2015). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. Cincinnati: Office of Research and Development.
- E. H. Unibertsitatea, (d.g.). Irakurgaia: 2030 Agenda eta Garapen Iraunkorrerako Helburuak.
- E. H. Unibertsitatea, (d.g.). UPV/EHU - Euskal Herriko Unibertsitatea. Iraunkortasuna eta Gizarte Konpromisoa: <https://www.ehu.eus/eu/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab-proiektuak> helbidetik eskuratua
- Woods Ballard, B, Wilson, Udale-Clarke, H, Illman, S, Scott, T, Ashley, R, Kellagher, R.(2015). The SUDS Manual, London: CIRIA, ISBN: 978-0-86017-760-9