

INGENIARITZA ZIBILEKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***KLIMA ALDAKETAREN AURREAN EURI-UR
SAREAREN ERANTZUNA HOBETZEKO HIRI-
DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN
AZTERLANA LEIOAKO CAMPUSEAN
(UPV/EHU).***

Ikaslea: Landeta Mugica, Leire

Zuzendaria: Madrazo Uribeetxebarria, Eneko

Ikasturtea: 2020-2021

Data: Bilbon, 2021eko ekainaren 25ean

LABURPENA

Proiektu hau Leioako Campusean egin den ikerketa lan bat da. Agenda 2030 eta Campus Bizia Lab programen baitan dagoen Gradu Amaierako Lana da, "EHU Suds" proiektuaren barruan, hain zuzen ere. Ikerketa honetan, zehazki, Euskal Herriko Unibertsitatearen Leioako Campusean hiri-drainatze sistema jasangarrien bideragarritasun azterketa orokor bat egin da. Klima aldaketaren aurrean, euri-uren sareak kudeatzen duen ur-bolumenaren analisia egin da, eta ahulguneen aurrean soluzio jasangarriak proposatu dira. Leioako Campusean hiri-drainatze sistema jasangarriak aplikatu ahal izateko, lehenengo egungo sarearen egoeraren azterketa bat egin da EPA-SWMM eredu matematikoaren bidez. Proposatu diren soluzioak zoladura iragazkorra eta infiltrazio zanga zein putzuak zituztenak dira, betiere ur-isurketen bolumena murrizteko, sarean kalterik eragin gabe eta Campusaren erabilera aldatu gabe. Lanean ondorioztatu da posible dela euri-ur sarearen erantzuna hobetzea SUDS-ak erabiliz, era jasangarri batean, klima aldaketaren ondorioei aurre eginez. Proposatutako soluzioek Campusaren eremuaren %2-ko azalera hartzen dute, hau da, 17307 m²-ko azalera.

Hitz gakoak: SUDS, azaleko isurketa, drainatze jasangarria, storm water management model, SWMM, zoladura iragazkorra, infiltrazio zanga

RESUMEN

Este proyecto es un trabajo de investigación que se ha realizado en el Campus de Leioa. Es un Trabajo de Fin de Grado enmarcado en los programas Agenda 2030 y Campus Bizia Lab, dentro del proyecto "UPV Suds". En este trabajo se ha realizado un estudio general de viabilidad de los sistemas urbanos de drenaje sostenible en el Campus de Leioa de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Ante el cambio climático, se ha realizado un análisis del volumen de agua que gestiona la red de aguas pluviales y se han propuesto soluciones sostenibles ante las debilidades. Con el fin de posibilitar la aplicación de sistemas urbanos de drenaje sostenible en el Campus de Leioa, se ha realizado un primer análisis del estado de la red actual a través del modelo matemático EPA-SWMM. Las soluciones propuestas son el pavimento permeable y las zanjas y los pozos de infiltración, con el fin de reducir el volumen de vertidos de agua sin afectar a la red ni alterar el uso del Campus. En el trabajo se ha llegado a la conclusión de que es posible mejorar la respuesta de la red de aguas pluviales utilizando los SUDS de una manera sostenible, haciendo frente a los efectos del cambio climático. Las soluciones propuestas abarcan una superficie del 2% del entorno del Campus, es decir, 17307 m² de superficie.

Palabras clave: SUDS, escorrentía superficial, drenaje sostenible, storm water management model, SWMM, pavimento permeable, zanja de infiltración

ABSTRACT

This project is a research work on the Campus of Leioa. Agenda 2030 and Campus Bizia Lab Programme is part of Project EHU Suds. In particular, a comprehensive study of the viability of sustainable urban drainage systems in the Campus of Leioa of the University of the Basque Country has been carried out. Having in mind the climate change, an analysis of the volume of water administered by the network of rainwater has been conducted, and sustainable solutions have been proposed against of weaknesses. In order to apply sustainable drainage systems on the Campus of Leioa, a study of the situation of the existing network has been carried out in accordance with the mathematical model of EPA-SWMM. The proposed solutions are those with permeable pavement and infiltration trenches, to reduce the volume of water runoff, without affecting the network, and without changing the use of the Campus. It has been concluded that it is possible to improve the response to the rainwater network by using SUDSs, in a sustainable way, to address the effects of climate change. The proposed solutions include %2 of the surface area of the Campus, which is 17307 m².

Keywords: SUDS, surface runoff, sustainable drainage, storm water management model, SWMM, permeable pavement, infiltration trench

AURKIBIDEA

1. SARRERA.....	6
1.1. LANAREN HELBURUA ETA IRISMENA	6
1.2. AURREKARIAK.....	6
1.2.1. 2030 AGENDA.....	6
1.2.2. CAMPUS BIZIA LAB	8
2. OINARRI TEORIKOAK	9
2.1. URAREN ZIKLOA HIRI-EREMUAN ETA BERE KUDEAKETA	9
2.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIAK	11
2.2.1. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRI MOTAK.....	12
2.2.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN APLIKAZIO ADIBIDEAK.....	19
2.3. STORM WATER MODEL MANAGEMENT (SWMM).....	22
2.4. EURIAREN DEFINIZIOA.....	24
2.4.1. PREZIPITAZIOAREN NEURKETA.....	25
2.5. CAMPUSEKO LURREN INFILTRAZIO GAITASUNA.....	25
3. EGUNGO EGOERAREN AZTERKETA.....	26
3.1. KOKAPEN GEOGRAFIKOA	27
3.2. EREMU PRIBATU ETA PUBLIKOEN BANAKETA	28
3.3. GEOLOGIA ETA MORFOLOGIA.....	28
3.4. HIDROLOGIA.....	29
3.5. KLIMATOLOGIA.....	30
3.6 DRAINATZE-SAREA	34
4. EGUNGO DRAINATZE-SAREA ETA EREDUAREN DEFINIZIOA	34
4.1. AZTERKETAREN IRAUPENA.....	38
5. EGUNGO DRAINATZE-SAREAREN AHULGUNEAK	38
6. EURI URAK KUDEATZEKO PROPOSAMENA.....	39
6.1. AUKERATURIKO HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN DESKRIBAPENA.....	39
6.1.1. ZOLADURA IRAGAZKORRA	40
6.1.2. INFILTRAZIO ZANGA ETA PUTZUA	45
6.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN KOKAPENA	51
6.3 DISEINURAKO IRIZPIDEAK	54
6.4. PROPOSATURIKO ALTERNATIBAREN EZAUGARRIAK.....	55
7. EXEKUZIO LANA.....	56
8. AURREKONTUA.....	57
9. ONDORIOAK	59
10. ARAUDIA.....	60
12. BIBLIOGRAFIA	63
13. ERANSKINAK	65

IRUDIEN AURKIBIDEA

Irudia 1: Garapen Iraunkorrerako Helburuak. Iturria: Nazio Batuak	7
Irudia 2 : Hiri-eremuko ur zikloa. Iturria: Aqualia	10
Irudia 3: Urbanizazioaren eragina ur zikloan. Iturria: iagua/Ana Abellán	11
Irudia 4: SUDSen funtzioaren araberako sailkapena. Iturria: Sara Perales, Jornadas SUDS 2019	13
Irudia 5: SUDSen funtzioaren araberako sailkapena. Iturria: Sara Perales, Jornadas SUDS 2019	14
Irudia 6: Teilatu begetalak. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010) ..	14
Irudia 7: Ur tanga. Iturria: Benaguasilgo udaletxea	15
Irudia 8: Zoladura iragazkorra. Iturria: SUDS Manuala (2015)	15
Irudia 9: Egiturazko zuhaitz-txorkoak. Iturria: SUDS Manuala (2015)	16
Irudia 10: Euri lorategia. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)	16
Irudia 11: Infiltrazio zanga. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010) ..	17
Irudia 12: Sare formako kutxak. Iturria: Benaguasilgo udaletxea	17
Irudia 13: Drainatze iragazleak. Iturria: San Francisco Public Utility Commission (2013)	18
Irudia 14: Areka begetala. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)....	18
Irudia 15: Euri lorategia Washingtonen (AEB). Iturria: Green Blue Management	19
Irudia 16: Ur tanga Cincinnati (AEB). Iturria: Green Blue Management	19
Irudia 17: Drainatze iragazlea Eskozian. Iturria: Green Blue Management.....	20
Irudia 18: Teilatu begetalak Benaguasilgo zentro sozialean (Valentzia). Iturria: Green Blue Management.....	20
Irudia 19: Egiturazko zuhaitz-txorkoa Can Cortadan (Bartzelona). Iturria: Green Blue Management.....	21
Irudia 20: Zoladura iragazkorra Wanda Metropolitano estadioan (Madril). Iturria: Madrilgo udaletxea	21
Irudia 21: Infiltrazio zanga Ribarroja del Turian (Valentzia). Iturria: Green Blue Management.	21
Irudia 22: Areka begetalak Xàtivan (Valentzia). Iturria: Green Blue Management	22
Irudia 23: SUDS-ak Gasteizen (EAE). Iturria: Gasteizeko udaletxea	22
Irudia 24: SWMM-eko elementu fisikoen adibide eskema. Iturria: SWMM Manual	24
Irudia 25: Leioako Campuseko kokapen mapa. Iturria: GeoEuskadi.....	27
Irudia 26: Leioako Campuseko ortoargazkia. Iturria: GeoEuskadi	28
Irudia 27: Leioako Campuseko arro banaketa (berdez) eta ibaiak (urdinez). Iturria: GeoEuskadi	30
Irudia 28: Loiuko aireportuko estazio meteorologikoaren datuak. Iturria: Saitec	31
Irudia 29: Parametro klimatologikoak. Iturria: Saitec.....	31
Irudia 30: Euriaren intentsitatea iraupen eta birgertatzen aldi ezberdinetarako. Iturria: Saitec	32
Irudia 31: IDF kurbak. Iturria: Saitec	32
Irudia 32: RCP-8.5 agertokiaren arabera prezipitazioan emango diren aldaketak ehunekotan. Iturria: Espainiako Gobernoa, Trantsizio Ekologikorako Ministerioa.....	33
Irudia 33: Leioako Campuseko arroen maldak ehunekotan.....	35
Irudia 34: Leioako Campuseko arroen iragazgaitasuna ehunekotan	35
Irudia 35: Leioako Campuseko arroen azalera banaketa hektareatan	36
Irudia 36: Drainatze-sistemaren hodian maldak ehunekotan.....	36
Irudia 37: Drainatze-sistemaren hodian diametroak metrotan	37
Irudia 38: Drainatze-sistemaren arketen kotak metrotan	37

<i>Irudia 39: Simulazioaren denbora tartekak</i>	38
<i>Irudia 40: Simulazioaren emaitzak, gaitasuna aztertuz, 00:22 minutuan</i>	39
<i>Irudia 41: Zoladura iragazkorraren balorazioa eta eskema. Iturria: Benaguasilgo udaletxea ..</i>	40
<i>Irudia 42: Zoladura iragazkorraren parametroen ohiko balioak. Iturria: SWMM manuala</i>	41
<i>Irudia 43: Zoladura iragazkorraren parametroak SWMMen</i>	43
<i>Irudia 44: Zoladura iragazkorraren aplikazio adibidea 3. arroan</i>	43
<i>Irudia 45: Zoladura iragazkorraren aplikazio adibidea 3. arroan</i>	44
<i>Irudia 46: Zoladura iragazkorraren dimentsionaketa 3. arroan, metrotan</i>	44
<i>Irudia 47: Zoladura iragazkorraren zeharkako profila</i>	45
<i>Irudia 48: Infiltrazio zangaren balorazioa eta eskema. Iturria: Benaguasilgo udaletxea</i>	46
<i>Irudia 49: Infiltrazio zangaren parametroen ohiko balioak. Iturria: SWMM manuala</i>	46
<i>Irudia 50: Infiltrazio zangaren parametroak SWMMen</i>	47
<i>Irudia 51: Infiltrazio zangaren aplikazio adibidea 3. Arroan</i>	48
<i>Irudia 52: Infiltrazio zangaren aplikazio adibidea 3. arroan</i>	48
<i>Irudia 53: Infiltrazio zangaren dimentsionaketa 3. arroan, metrotan</i>	49
<i>Irudia 54: Infiltrazio putzuaren dimentsionaketa 2. arroan, metrotan</i>	49
<i>Irudia 55: Infiltrazio zangaren zeharkako profila</i>	50
<i>Irudia 56: Infiltrazio putzuaren zeharkako profila</i>	50
<i>Irudia 57: Hiri-drainatze sistema jasangarrien arro bakoizteko erabilera ehunekotan</i>	51
<i>Irudia 58: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapenaren legenda</i>	52
<i>Irudia 59: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena</i>	52
<i>Irudia 60: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Arte Ederren fakultate ingurua)</i>	53
<i>Irudia 61: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Berrikuntza institutu eta enpresen ingurua)</i>	53
<i>Irudia 62: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Zientzia fakultate ingurua)</i>	54
<i>Irudia 63: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Polikiroldegi ingurua)</i>	54
<i>Irudia 64: Simulazioaren emaitzak 00:22 minutuan, SUDSak kontuan hartuta</i>	55
<i>Irudia 65: Simulazioaren gainazaleko isurketak 3. arroan; ezkerrean hasierako egoera, eskuman SUDSekin</i>	56

TAULEN AURKIBIDEA

<i>Taula 1: Azpiarroen kurba zenbakiak</i>	29
<i>Taula 2: Zoladura iragazkorraren definiziorako erabili diren parametroak</i>	41
<i>Taula 3: Infiltrazio zangaren definiziorako erabiliko diren parametroak</i>	46
<i>Taula 4: Infiltrazio zangaren parametroak</i>	58
<i>Taula 5: Infiltrazio zangaren parametroak</i>	58
<i>Taula 6: Aurrekontuaren kalkuluak</i>	58
<i>Taula 7: Espainiako arautegia eta gidak</i>	60

1. SARRERA

1.1. LANAREN HELBURUA ETA IRISMENA

Gradu Amaierako Lan hau ikerketa lan bat da, Euskal Herriko Unibertsitatearen Campus Bizia Lab (CBL) programaren barruan txertatua. Programa hori EHU-k sustatzen du, eta ikerkuntza eta ekintza prozesu batean oinarritzen da ikasleen artean inpaktu handia izango duen praktika bat garatzeko helburuarekin. CBL programa Gradu eta Master Amaierako Lanen bitartez gauzatzen da, eta unibertsitateko jasangarritasuna bultzatuko duten proiektu ezberdinetan banatua dago. Proiektu horietako bat da, hain zuzen ere, EHUsuds deiturikoa, eta horretan txertatzen da Gradu Amaierako Lan hau. EHUsuds proiektuaren helburua EHU/UPV-ko Gipuzkoako (Ibaeta) eta Bizkaiko (Leioa) Campusetan Hiri-Drainatze Jasangarriko Sistemak (SUDS) ezartzeko aukerak identifikatzea da, campusen urbanizazioak uraren zikloan duen eragina murrizteko eta horien ingurumen kalitatea eta paisaia hobetzeko. Lanak, zehazki, Leioako Campuseko urbanizazioak uraren zikloan duen eragina murrizteko helburua jorratuko du.

Aipaturiko EHUsuds proiektuaren barruan bost Gradu Amaierako Lan aurkeztu dira guztira 2020/2021 ikasturtean; Leioan, zehazki, bi aurkeztu dira. Leioako Campusa aztertzen duten lanek oinarri teoriko komunak erabili dituztenez, lanen atal batzuk elkarlanean egin dira analisi ezberdinetan abiapuntu berbera izateko asmoarekin. Hasierako oinarri hori berdina izan arren, bakoitzak sakonago landutako gaiak Gradu Amaierako Lanaren helburuaren arabekoak izan dira. Hala, informazio elkartrukea eranskinak erabiliz egin da. III. eta IV. eranskinak Ander Gonzalez Perezek landu ditu, kalitatearen hobekuntza helburu duen teknika jasangarrien bideragarritasun azterketaren egileak. I., II., V. eta VI. eranskinak, ordea, Leire Landeta Mugicak landu ditu, ikerketa lan honen egileak.

1.2. AURREKARIAK

1.2.1. 2030 AGENDA

Gradu Amaierako Lan honek lotura estua dauka 2030 Agendarekin. Nazio Batuen Erakundeko (NBE) biltzar orokorrak Garapen Iraunkorrerako 2030 Agenda onartu zuen 2015eko irailean: pertsonen, planetaren eta oparotasunaren aldeko ekintza bat da, bake unibertsala eta justiziarako sarbidea ere indartu nahi dituen. Agenda honetan garapen jasangarriko 17 helburu (Garapen Iraunkorreko Helburuak, GIH) zehazten dira eta, hauekin batera, bete beharreko beste 169 helmuga 2030 urterako. 17 helburu horiek Milurteko Garapen Helburuen (MGH) lorpenetan oinarritzen dira, eta esfera berriak txertatzen dituzte; beste lehentasun batzuen artean, klima aldaketa, arrakala ekonomikoa, berrikuntza, kontsumo iraunkorra, bakea eta justizia kokatzen dituelarik.

2030 Agendak dituen bost ardatz nagusiak; planeta, pertsonak, oparotasuna, bakea eta aliantzak dira, "5P" moduan ere ezagunak. Ikerketa lan hau lehenengo eta hirugarren

ardatzekin lerratuta dago bereziki. Izan ere, “planeta”-ren ardatzak gure planeta degradaziotik babesteari egiten dio erreferentzia. Kontsumo , ekoizpen eta baliabide naturalen kudeaketa iraunkorraren eta klima-aldaketari aurka egiteko neurri urgenteen bidez, gaur egungo eta etorkizuneko belaunaldien premiei erantzun ahal izatea da ardatz honen helburua; 6., 12., 13., 14 eta 15. Garapen Iraunkorreko Helburuak (GIH) barne hartzen ditu. Bestalde, “oparotasuna”-ren ardatzak bermatu nahi du gizaki guztiok izango dugula bizitza oparo eta betea, eta garapen ekonomikoa, soziala eta teknologikoa naturarekin harmonian garatuko dela; 7., 8., 9., 10. eta 11. GIH-ak barne hartzen ditu.



Irudia 1: Garapen Iraunkorrerako Helburuak. Iturria: Nazio Batuak

Gradu Amaierako Lan honek, zehazki, hurrengo Garapen Iraunkorreko Helburuak jorratzen ditu gehien bat:

- 6. Uraren erabilgarritasuna eta kudeaketa iraunkorra nahiz guztiontzako saneamendua bermatzea.
- 13. Neurri urgentek hartzea klima-aldaketaren eta haren ondorioen aurka egiteko.
- 9. Azpiegitura erresilienteak eraikitzea, industrializazio inklusiboa eta iraunkorra bultzatzea eta berrikuntza sustatzea.
- 11. Hiriak eta giza kokaguneak inklusibok, seguruak, erresilienteak eta iraunkorrak izatea lortzea.

Hiri-drainaketa sistema jasangarrien proiektuak bat egiten du uraren kudeaketa egoki eta iraunkorrarekin. Era berean, baliabide egokia eskaintzen du klima aldaketari aurre egiten laguntzeko. Aitzitik, gainontzeko 17 GIHekin zeharkako lotura ere badu, batzuekin beste batzuekin baino gehiago. Izan ere, 2030 Agenda helburuek izaera unibertuala eta integratua dute eta prozesu multidimentsionala dute.

Horrez gain, 2030 Agendak dituen 17 helburuek erronka eta adierazleak dituzte. Helburu bakoitzak erronka eta adierazle kopuru ezberdinak ditu, eta 169 erronka daude guztira. Helburu guztiek bi erronka mota dituzte: emaitzekin lotutakoa eta ezarpen-baliabideekin

lotutakoak. 6. helburua aztertuz gero, ikerketa lanarekin lotura duten ondorengo erronkak azpimarra daitezke:

6.4 Hemendik eta 2030era, nabarmen areagotzea baliabide hidrikoen erabilera eraginkorra sektore guztietan, eta bermatzea ur gezaren erauzketaren eta horniketaren iraunkortasuna, ur-gabeziari aurre egiteko eta urik ez duten pertsonen kopurua nabarmen murrizteko.

6.a Hemendik eta 2030era, nazioarteko lankidetzeta eta garapen bidean dauden herrialdeei emandako laguntza areagotzea, uraren eta saneamenduaren arloko jarduera eta programetan ahalmena sortzeko; esaterako, honako hauetan: gatzgabetzea, baliabide hidrikoak modu eraginkorrean erabiltzea, hondakin-urak tratatzea, birziklatzea eta berrerabiltzeko teknologiak erabiltzea.

1.2.2. CAMPUS BIZIA LAB

Aipatu bezala, garapen jasangarrirako 2030 EHU Agendak (2019-2025) jaso eta biltzen du UPV/EHUK 2030 Agendaren 17 Garapen Iraunkorreko Helburuetako 12-ri egindako ekarpena. Unibertsitateak garatutako “Campus Bizia Lab” programak, garatzen diren ikerketak eta lanak iraunkortasunaren ildotik bideratzea bultzatzen du, agendarekin bat eginez. Programaren helburuak honako hauek dira:

- Diziplinaz gairikiko komunitate bat sortzea, era kooperatiboan lan egingo duena, UPV/EHU-ko campusetan detektatzen diren iraunkortasun ezari loturiko arazo eta erronken konponketan arituko dena.
- Lan eredu bat diseinatzea, garatzea eta ebaluatzea, UPV/EHU-ko campusetako iraunkortasunari lotutako inpaktu handiko irakaskuntza prozesuak arrakastaz burutzeko aukera emango duena.
- Campus Living Lab proiektu instituzional bat artikulatzea eta ikusgarri egitea, bere ekintza erradioa UPV/EHU-ko titulu guztietara pixkanaka zabalduko duena eta maila anitzeko praktika iraunkorrak sortuko dituena.

Espero diren emaitzen artean honako hauek daude:

- UPV/EHU-n irakasleek, ikasleek eta administrazio eta zerbitzuetako langileek eratutako komunitate bat sortzea, zehazki iraunkortasunerako hezkuntzan sakonduko duena UPV/EHU-n.
- Ikasturte bakoitzean gutxienez 30 Gradu Amaierako Lan (GrAL) edo Master Amaierako Lan (MAL), UPV/EHUko hiru campusetako hainbat titulazioei lotuak.
- Antolakuntza funtzionamendu protokoloak eta laguntza materialak prestatzea iraunkortasunari lotutako GrAL eta MAL lanen jarraipen eta tutoretzarako.

Beraz, EHU Agendaren eta Campus Bizia Laben programen baitan garatu da Gradu Amaierako Lan hau, sarreran aipatutako EHUsuds proiektuaren parte izanik. Ikerketa lan honetan aurretik azaldutako helburuei eusten eta erronkei aurre egiten saiatu da. Drainatzea sarea eta drainatze-arroak identifikatu dira, eta modelo bat sortu SWMM programaren bidez. Helburua sare horrek dituen ahulguneak identifikatzea izan da, hiri-drainatze jasangarrien kokapen balizkoak zehaztu ahal izateko eta horrela, klima aldaketari aurre egiteko.

2. OINARRI TEORIKOAK

2.1. URAREN ZIKLOA HIRI-EREMUAN ETA BERE KUDEAKETA

Hirietako uraren zikloa urak jarraitzen duen bidea da, naturatik jasotzen denetik berriro ere bueltan izan arte, bitartean, gizakiaren onura eta probetxurako erabili ostean. Naturan likido egoeran dagoen ura ibaietan, lakuetan, lurrazpiko uretan eta itsaso eta ozeanoetan aurki daiteke. Gizakiak ur honen beharra duenean bere ziklo naturala moldatzen du eta tratamendurako, bideratzerako eta banaketarako azpiegitura sortzen ditu. Hau da, hirietako uraren zikloa urak duen berezko ziklo naturalaren aldaketa da.

Hirietako uraren zikloaren fase nagusiak hornikuntza, kontsumoa eta saneamendua dira, baina sakonago aztertuz gero hurrengo faseetan bana daiteke:

1. Ur-bilketa
2. Edateko arazketa
3. Garraioa eta biltegiatzea
4. Banaketa
5. Kontsumoa
6. Estolderia
7. Arazketa
8. Berrerabilpena
9. Itzulketa

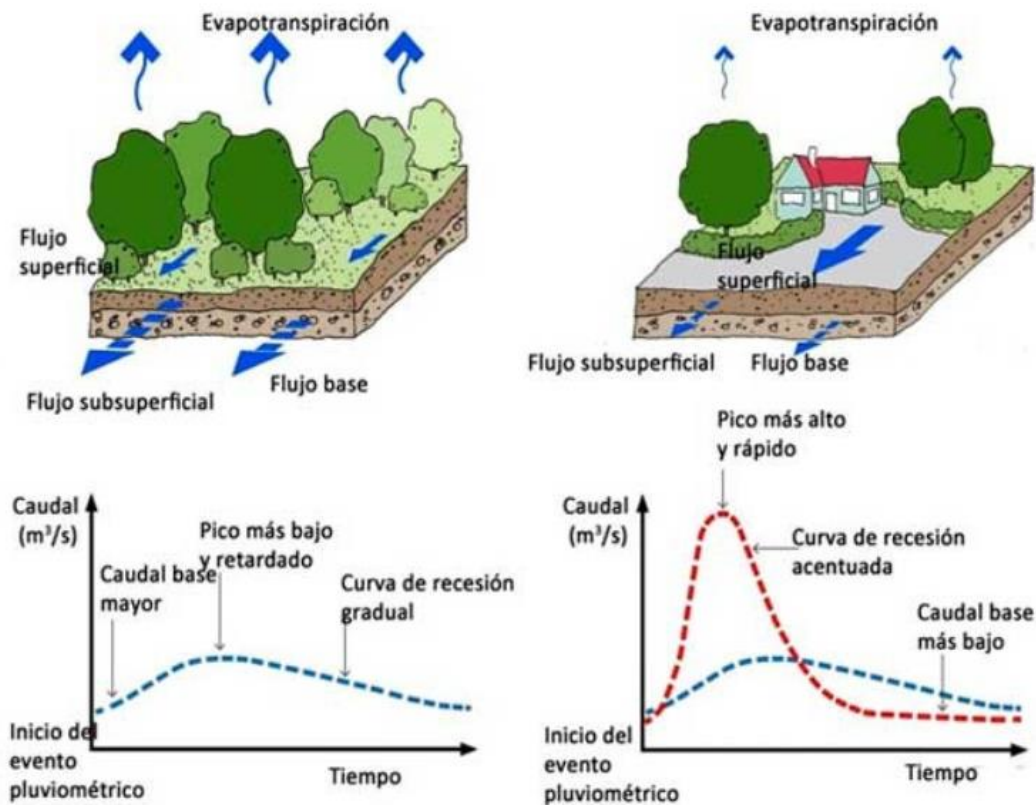


Irudia 2 : Hiri-eremuko ur zikloa. Iturria: Aqualia

Ur-bilketaren ostean, ura edangarria egiteko tratamendua jarraitzen da ETAP-etan (Ur Edangarriaren Tratamendu Zentroan). Ur hau biltegi handietan gordetzen da eta ostean, banaketari ekiten zaio, hornikuntza-sare baten bidez. Behin erabilita, ura estolderia sistemara bideratzen da. Fase honetan, ura EDAR-era bideratzen da kolektoreen bidez (Ur Zikinen Araztegi Zentroa). Aipaturiko zentroa azpiegitura teknologikoak dira, ura berriz ere naturara itzuli aurretik kutsatzaile ezberdinak kentzeko erabiliak. Araztutako uraren berrerabilitzea ere egin daiteke, ur hau nekazaritzara eta hiri handien garbiketa lanetara bideratuta.

Urbanizazioa lurzoru naturalen edo erabili ezin diren lurzoruen garapena da, bizitoki, merkataritza- eta industria-eremuetan. Prozesu honek aipaturako ziklo hidrológicoan eragin du, askotan haren kaltetan. Urbanizazio prozesuak infiltrazio gaitasunaren murrizketa, landaredia naturalaren murrizketa eta euri urak pilatu daitezkeen lurzoruen irregulartasunak desagertzea eragiten du. Honek guztiak ondorio nabarmen batzuk ditu:

- Puntako emarien hazkundera.
- Jariatze bolumen handiagoak.
- Uholdeen areagotzea.
- Oinarrizko emarien murrizketa.



Irudia 3: Urbanizazioaren eragina ur zikloan. Iturria: iagua/Ana Abellán

Aipatzekoa da ere, hiri-eremuetan gizakiek eta hauek aurrera eramaten dituzten ekintzek sortzen duten kutsadura handia dela. Honen ondorioetako batzuk kutsatzaileen hazkundera, uraren tenperaturen aldaketak eta substantzia arriskutsuen agerpena izan daitezke.

2.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIAK

Hiri-drainatze sistema jasangarriak, era laburtuan SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems edo Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) bezala ere ezagunak, hiri eremuko euri-uren kudeaketa teknikak dira. Hauen helburua hirigintza-garapenean prozesu hidrologiko naturalen antzera jokatu, hiriaren pasaian sortzen den azaleko isurketa kontrolatzea da. Gainera, sistema hauen erabilerarekin honako helburu hauek ere betetzea bilatzen da: amaierako isurketa kantitatea murriztea eta naturara isurtzen den uraren kalitatea hobetzea. Era horretan, uraren zikloarekin integratutako kudeaketa soluzioak lortzen dira.

SUDS-ek arro hidrografikoaren portaera ahalik eta gutxien alda dadin bilatzen dute eta hauen izaera naturala mantentzen saiatzen dira. Gainera, Espainiako eta Europako legeetatik eratorritako gobernantza-printzipioak sendotzen laguntzen dute:

- Ur-masen egoera hobetzea.
- Uholde eta lehorteen aurkako babesa ematea.
- Klima aldaketaren inpaktura egokitzea eta hau arintzea (CO₂ hustubideak).
- Urak, hiri zikloan zehar, daukan energia zein ur kontsumoak murriztea: euri-urak aprobetxatzea, ur bolumena gutxitzea tratamendu instalazioetan, ponpaketa kopurua murriztea, etab.
- Ekosistemen zerbitzuen horniketa, konektibitatea eta berriztapen ekologikoak biodibertsitatearen kontserbaziorako, uraren eta berdeguneen balioei garrantzia emanez.

SUDS-ak hiriko berdeguneen azpiegituren parte dira eta euri urak kudeatzeko jadanik ezagunak diren sistema konbentzionalekin uztartu ahal dira. Era horretan, kolektoreek, ekaitz-tangek edota EDAR-ek jasotzen dituzten isurketa emariak murriztea lortzen da. Horrez gain, urak berarekin daramatzan solidoen murrizketa eragiten dute, baita amaierako isurketa garbiago bat bermatu ere. Beraz, SUDS-ak iraunkortasuneko hiru ardatz nagusiekin bat datoz (Ingurumenaren Kongresu Nazionala, Madrid 2018):

1. *Ekonomia.* Hiri-isurketen bolumen kantitatearen kontrol eta kudeaketa eraginkorra, jariatze-uren ekoizpena murriztuz eta, horrela, erresilientzia handiagoa emanez sistema konbentzionalei.
2. *Ingurumena.* Euri-uren kalitatearen kontrola, kudeaketa eta berreskurapena, kutsadurari eta uretan topa daitezkeen kutsatzaile ezberdinei aurre eginez.
3. *Gizartea.* Hiri-paisaiaren balorazioa eta bultzatzea kontuan hartuz bizilagunentzako eta hiriaren ekosistemaren biodibertsitatearentzako irabaziak eta onurak.

2.2.1. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRI MOTAK

Aurreko atalean aipatu bezala, drainatze sistema jasangarriek ur ziklo naturalen prozesu antzekoak jarraitzen dituzte. Mota ezberdinak daude eta hauek sailkatzeko modu bat baino gehiago dago, kokapenaren arabera eta betetzen duten funtzioaren arabera adibidez. Gradu Amaierako Lan honetan, betetzen duten funtzioaren arabera irizpidea hartu da kontuan, neurri estrukturalekoak izateaz gain; hau da, isurketa egitura fisiko baten bidez kudeatzen dituztenak. Bost funtzio bete dezakete hiri-drainatze sistema jasangarriek (Sara Perales, 2019):

1. *Geldiaraztea.* Isurketa aldi baterako biltegitratzen du eta ondoren, astiro isurtzen du puntako emaria murriztuz.
2. *Biltegitratzea.* Isurketa in situ biltegitratzen du aprobetxatu ahal izateko, solidoen sedimentazioa eman ostean.

3. *Iragaztea*. Euri-urek dituzten sedimentuak gelditzen ditu ingurune porotsu baten, artifizialki sortutako lurzoru baten edo landarediaren bitartez.

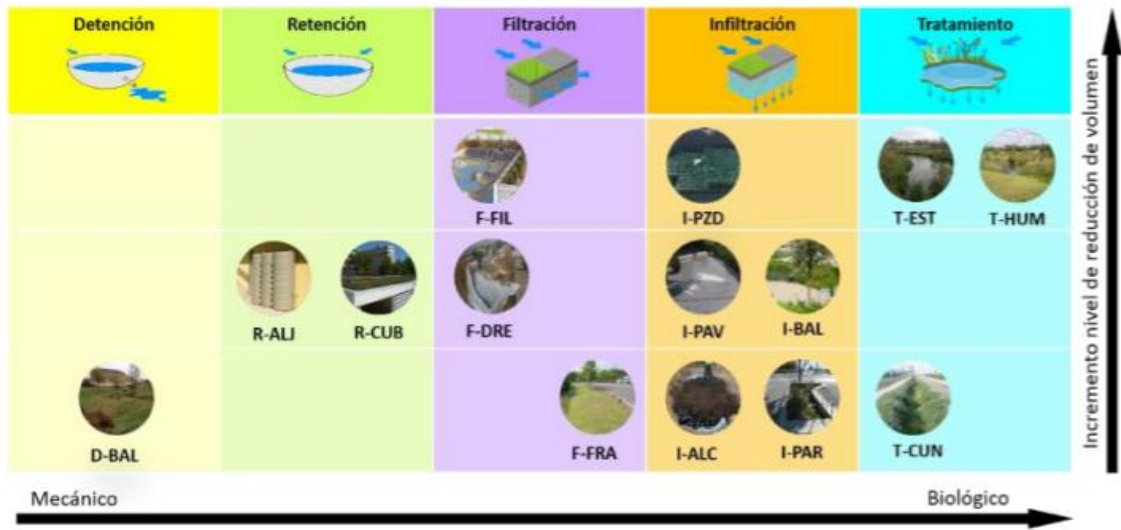
4. *Infiltrazioa*. Isurketaren mugimendu bertikala errazten du lurzoruaren bitartez, akuiferoen birkargari lagunduz.

5. *Tratamendua*. Fitorremediazio prozesuak edo bakterio koloniak erabiltzen dira euri-uren isurketan egon daitezkeen kutsatzaileak metabolizatzeko.

Propuesta tipología SUDS: (y el artículo que lo define)	Finalidad				
	Detención	Retención	Filtración	Infiltración	Tratamiento
Estanques de detención	3.3.1.1.				
Depósitos de detención	3.3.1.2.				
Tanques de tormentas 1er lavado	3.3.1.3.				
Aljibes		3.3.2.1.			
Depósito de retención*		3.3.2.2.*			
Cubiertas vegetadas			3.3.3.1.		
Franjas filtrantes			3.3.3.2.		
Zanjas drenantes			3.3.3.3.		
Filtros de arena			3.3.3.4.		
Alcorques de infiltración				3.3.4.0.	
Pavimentos permeables				3.3.4.1.	
Jardines/praderas de lluvia				3.3.4.2.	
Sistemas enterrados de infiltración				3.3.4.3.	
Estanques de infiltración				3.3.4.4.	
Zonas de biorretención					3.3.5.1.
Cunetas vegetadas					3.3.5.2.
Humedales artificiales					3.3.5.3.
Estanques de retención					3.3.5.4.
Tanques de tormentas anti DSU*					3.3.5.5.*

(*) se trata de elementos que consideramos SUDSs pese a no gestionar exclusivamente aguas pluviales

Irudia 4: SUDSen funtzioaren araberako sailkapena. Iturria: Sara Perales, Jornadas SUDS 2019



Irudia 5: SUDSen funtzioaren araberako sailkapena. Iturria: Sara Perales, Jornadas SUDS 2019

TEILATU BEGETALAK

Geruza ezberdinez osatutako gainazalak dira: substratu begetal bat, drainatze geruza bat eta mintz iragazkor bat dutenak. Eraikinen goialdean kokatzen da, teilatuetan, bertan jausten den euri ura landarediarekin xurgatuz eta filtratuz. Substratuak ura gordetzen du eta gainontzekoa drainatze geruza bidez husten da. Era berean, bertan biltegituta geratzen den urak bertako landaredia ureztatzeko ere balio du.



Irudia 6: Teilatu begetalak. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)

UR TANGA

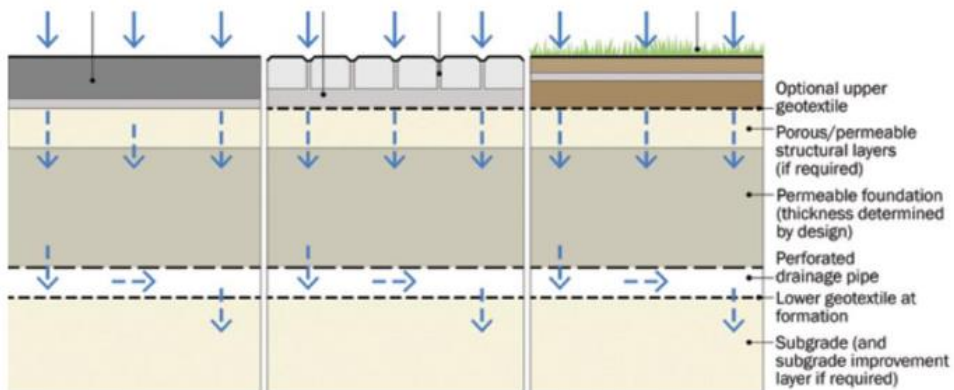
Euri urak biltegitratzeko egiturak dira; bertara doa inguruko eremu iragazgaitzetatik datorren ura. Ura biltegitratuta izateak berrerabilpenerako aukera ematen du: nekazaritza erabilpena, garbitze lanak, etab. Aire zabaleko edo lur azpikoak izan daitezke eta kokatua dagoen lekuaren arabera ura grabitatez heltzen da edo ponpaketa sistema baten bidez.



Irudia 7: Ur tanga. Iturria: Benaguasilgo udaletxea

ZOLADURA IRAGAZKORRA

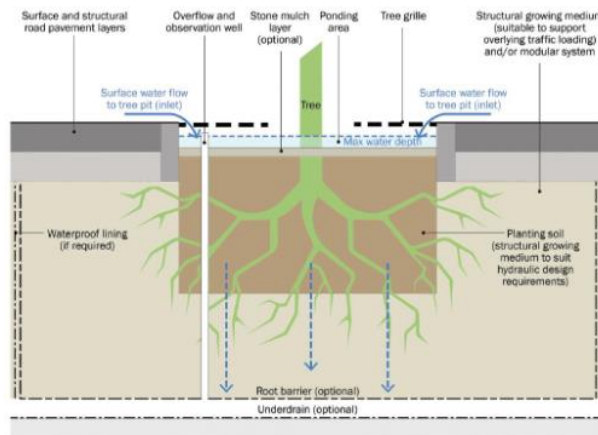
Lurzoru artifizial mota bat da, hirietako zoladura iragazgaitzaren aldaera jasangarriago bat, eremu horretan jausten den euri-ura hobeto kudeatzeko helburuarekin. Zoladura iragazgaitzen erabilera berdina egin daiteke baina aldi berean isurtzen den ura gorde eta drainatze bidez apurka-apurka husten da. Gainazaleko materialaren arabera (hormigoi porotsua edo galtzada harria) zoladura jarraitua edo modularra izan daiteke.



Irudia 8: Zoladura iragazkorra. Iturria: SUDS Manuala (2015)

EGITURAZKO ZUHAITZ-TXORKOAK

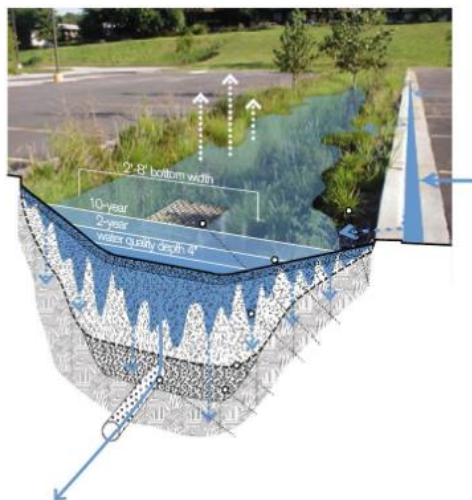
Landatzen diren zuhaitzen eta zoladuraren artean dagoen lurzoru zatia da, legarrez edo material begetalez bete. Ereku hauek sustraiak dagokien bezala haztea ahalbidetzen dute, baita gainetik igaro ahal izatea ere. Bertako ura zuhaitzen sustraiak xurga dezakete, lurrera infiltratu daiteke edota drainatze bidez kanporatu sistema orokorrera.



Irudia 9: Egiturazko zuhaitz-txorkoak. Iturria: SUDS Manuala (2015)

EURI LORATEGIAK

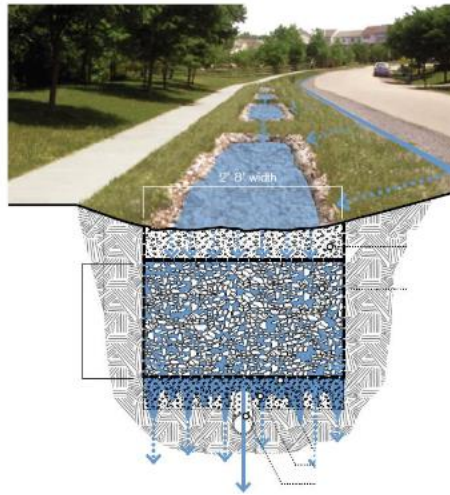
Lurzoruetako sakonuneak dira, begetazioarekin beteak inguruan isurtzen den ura biltegitzen laguntzeko eta elementu kutsatzaileak murrizteko landarediaren filtrazioaren laguntzaz. Aurreko motekin gertatzen den bezala, bildutako ura landareek xurgatu ahal dute, lurzorian infiltratu edota drainatze bidez kanporatu sistema orokorrera.



Irudia 10: Euri lorategia. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)

INFILTRAZIO ZANGAK ETA PUTZUAK

Lurzoruan egiten diren hondeaketak dira, inguruko gainazal-ura jasotzeko eta biltegitratzeko helburua dutenak; drainatze materialez beteta daude biak. Ondoren, ur hori azpiko lurrera infiltratuko da. Biek helburu eta funtzionamendu bera duten arren, bien arteko diferentzia dimentsioak dira; zanga sakonera gutxi duen luzetarako hondeaketa da, putzuek, aldiz, luzera txikiagoa dute baina sakonagoak dira.



Irudia 11: Infiltrazio zanga. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)

SARE FORMAKO KUTXAK

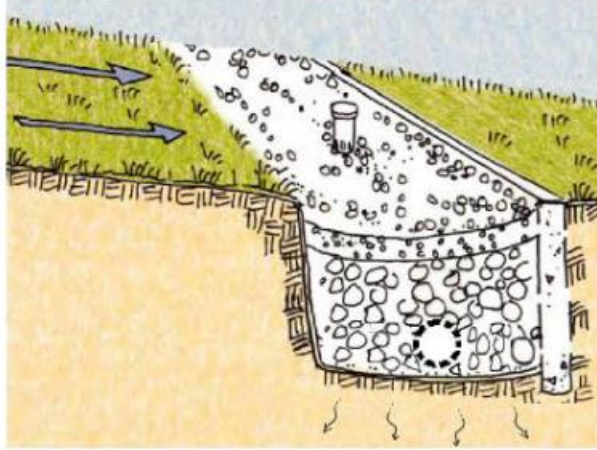
Egitura modularrak dira, polipropilenoaz eginak. Lurrazpian egon daitekeen egitura da eta gainean zein gainazalean beste egitura eta funtzio ezberdinak garatzeko aukera ematen du. Legarrarekin eta geotextilarekin konbinatzen da askotan. Betetzen dituzten funtzioen artean ura gordetzea eta behin filtratuta garraiatzea daude.



Irudia 12: Sare formako kutxak. Iturria: Benaguasilgo udaletxea

DRAINATZE IRAGAZLEAK

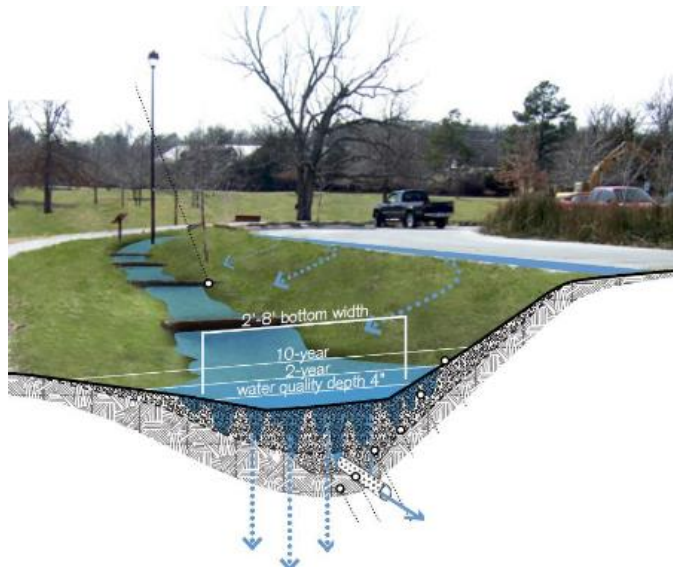
Luzetarako hondeaketa edo zangak dira, legarrez beteak daudenak eta ohikoa da oinarrian drain-zulatu bat izatea. Ingurutik isurtzen den ura iragazi eta aldi baterako biltegitratzen dute. Horrez gain, drain-zulatu horrekin ibaian behera bideratzen da ura.



Irudia 13: Drainatze iragazleak. Iturria: San Francisco Public Utility Commission (2013)

AREKA BEGETALAK

Sakonera gutxiko eta landarediarekin estalitako ubide zabalak dira. Funtzio nagusia bertako eremuko eta inguruko ura bildu, tratatu eta garraiatzea da. Garraiatze abiadura moteltzen da eraikitzean ezartzen zaion maldari esker. Honek sedimentazioan, iragaztean eta elementu kutsatzaileen murrizketan laguntzen du.



Irudia 14: Areka begetala. Iturria: University of Arkansas Community Design Center (2010)

2.2.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN APLIKAZIO ADIBIDEAK

Egun, hainbat hiri-drainatze sistema jasangarri aplikatu dira lurralde eta eremu askotan, eta geroz eta ezagunagoak diren teknikak bihurtzen ari dira. Mundu mailan adibidez, Estatu Batuetan eta Eskozian aplikazio ezberdinak egin dira.



Irudia 15: Euri lorategia Washingtonen (AEB). Iturria: Green Blue Management



Irudia 16: Ur tanga Cincinnati (AEB). Iturria: Green Blue Management



Irudia 17: Drainatze iragazlea Eskozian. Iturria: Green Blue Management

Estatu mailan ere, era askotan eraman dira errealitatera teknika jasangarri hauek; esaterako, Madrilen, Valentzian eta Bartzelonan.



Irudia 18: Teilatu begetalak Benaguasilgo zentro sozialean (Valentzia). Iturria: Green Blue Management



Irudia 19: Egiturazko zuhaitz-txorkoa Can Cortadan (Bartzelona). Iturria: Green Blue Management



Irudia 20: Zoladura iragazkorra Wanda Metropolitano estadioan (Madril). Iturria: Madrilgo udaletxea



Irudia 21: Infiltrazio zanga Ribarroja del Turian (Valentzia). Iturria: Green Blue Management



Irudia 22: Areka begetalak Xàtivan (Valentzian). Iturria: Green Blue Management

Euskal Herrian ere hainbat eremutan aplikatu dira hiri drainatze sistema jasangarriak, Gasteizen, adibidez.



Irudia 23: SUDS-ak Gasteizen (EAE). Iturria: Gasteizeko udaletxea

2.3. STORM WATER MODEL MANAGEMENT (SWMM)

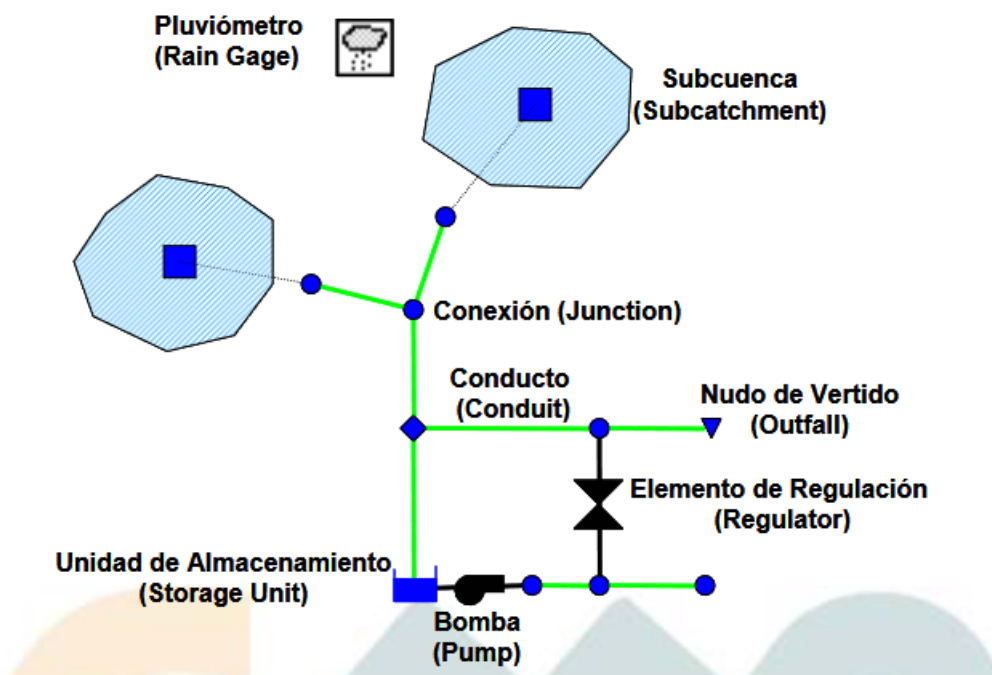
Storm Water Model Management (SWMM), EPAk (Estatu Batuetako Environmental Protection Agency) garatutako eredu matematiko librea da, prezipitazio isurketarako eredu dinamikoa da, eta gertakari bakar bat egiteko zein denbora zehar simulazio jarraitu bat egiteko erabil daitekeena. Programak isuritako uraren simulazioa egin dezake, bai kantitateari bai kalitateari dagokionez, batez ere hirietako drainatze sareetan. Gradu Amaierako Lan hau garatzeko

programa hau erabili da, Leioako Campuseko drainatze sarea behin osatuta, dauden gabeziak zeintzuk diren jakiteko eta hiri-drainatze sistema jasangarrien eragina aztertu ahal izateko.

SWMM-ek drainatze-sistema baten portaera irudikatzen du ingurumen-analisi bat osatzen duten hainbat modularekin. Modulu hauek eta SWMM-eko objektuak hurrengoak dira:

- *Modulu Atmosferikoa.* Eroritako euria eta urak lurzoruaren gainazalean utzitako kutsatzaileak definitzen dira, non Lurzoruaren Gainazaleko Moduluan jasotzen diren. SWMM-eko Plubiometro objektua (Rain Gage) erabiltzen du euriaren sarrerak sisteman irudikatzeko.
- *Lurrazaleko Modulusa.* Azpiarro (Subcatchment) baten edo bat baino gehiagoren bidez adierazten da. Objektu hauek Modulu Atmosferikoaren prezipitazioa jasotzen dute euri edo elur moduan eta infiltrazio formako irteera isurketak sortzen dituzte Lurrazpiko Uren Moduluarentzako, baita gainazaleko isurketa eta kutsatzaileen karga moduan ere Garraio Moduluarentzako.
- *Lurrazpiko Uren Modulusa.* Lurrazaleko Modulutik infiltrazioa jasotzen du eta Garraio Modulurako sarrera isurketa gisa transferitzen du haren zati bat. Modulu hau Akuiferoen objektua erabiliz modelatzen da (Aquifers).
- *Garraio Modulusa.* Garraio elementuez osatutako sarea du (ubideak, hodiak, ponpak eta elementu erregulatzailak) eta biltegitate eta tratamendu unitateak ditu ura bideratzeko isurketa-korapiloetara (Outfall) edo tratamendu zentroetara. Modulu honen sarrera fluxuak lurrazaleko isurketatik, lurpeko fluxuarekiko elkarreraginetik, euririk gabeko aldiei dagozkien emari sanitario eta ekologikoetatik edo erabiltzaileak zehaztutako sarrera-hidrogrameetatik etor daitezke. Garraio Modulusa Korapiloak eta Lineak bezalako elementuekin osatzen da.
- *Kalitate Modulusa.* Azpiarro bakoitzetik isurtzen den ur-kalitatearen jarraipena egitea ahalbidetzen du. Horrez gain, garraio elementu bakoitzean kontzentrazioaren jarraipenak ere egin daitezke denbora-tarte ezberdinez osatutako simulazio batean.

SWMM-eko modelo jakin batean ez da beharrezkoa aipatutako Modulu guztiak agertzea. Gradu Amaierako Lan honetan, adibidez, uraren kantitatearen ikuspuntutik egindako ikerlana egin da eta, beraz, uraren kalitatea ez da kontuan hartu eta ez da aztertu.



Irudia 24: SWMM-eko elementu fisikoak adibide eskema. Iturria: SWMM Manual

2.4. EURIAREN DEFINIZIOA

Prezipitazioa Lurraren gainazalean erortzen den atmosferako ur-lurrunaren kondentsazioaren edozein produktu da. Ziklo hidrológicoaren elementu nagusietako bat da, planetako ur gezaren zati handi bat Lurraren uzteko erantzulea dena. Mota askotako prezipitazioak daude, baina kontuan hartuta ikerlana burutu den kokalekua eta klima, prezipitazio likidora mugatuko da azterketa, hau da, euria. Prezipitazioak ezaugarri ezberdinak ditu:

- *Tamaina eta forma.* Ur-tanten diametroen neurria 0,1 mm eta 9 mm bitartean egon daiteke, eta hortik behera tantek apurtzera jo ohi dute.
- *Intentsitatea eta iraupena.* Orokorrean alderantzizko erlazioa dute biek; hau da, intentsitate altuko ekaitzek gutxi iraun ohi dute eta intentsitate baxukoek, aldiz, gehiago irauten dute normalean.
- *Intentsitatea eta azalera.* Orokorrean, azalera handi batean prezipitazioa ez da izaten intentsitate altuegikoa.
- *Ur-tantaren tamaina eta intentsitatea.* Intentsitate altuko ekaitzek ur-tanta handiagoko euriekin lotuak daude normalean.

2.4.1. PREZIPITAZIOAREN NEURKETA

Prezipitazioa neurtzeko metodo estandarra plubiometro estandarraren bidez da, plastikozkoa edo metalezkoa izan daitekeena eta 100 mm eta 200 mm bitarteko neurrikoa. Baina badaude beste motatako neurgailuak ere: falka-plubiometroa, kubeta baskulatzaileko plubiometroa eta plubiometro astuna. Prezipitazioak neurtzeko hainbat sare daude mundu osoan zehar, eta haien datuak Interneten edo tokiko meteorologia-bulegoen bidez partekatzen dituzte. Datu hauek garrantzitsuak dira ibaien emariak eta ibaietako uraren kalitatea iragartzeko, aurreko puntuan aipatutako SWMM garraio eredu hidrológicoak erabiliz. Gradu Amaierako Lan hau garatzeko, ikerketa lekutik gertu dagoen estazio meteorológico hurbileneko datuak hartu dira, zehazki Loiuako Aireportuko plubiometrokoak, Estatuko Meteorologia Agentziak emanak (AEMET). Hain zuzen ere, honen IDF kurbari erreparatu zaio. IDF kurbak intentsitatea euriaren iraupenarekin eta gertatzeko probabilitatearekin edo maiztasunarekin lotzen ditu; horretarako birgertatze aldia eta iraupena zehaztu behar dira, lanaren edo ikerketaren interesen arabera.

Birgertatze aldia gertaera bat emateko probabilitatea da, intentsitate eta iraupen konkretu batzuekin. Ekaitz baten intentsitatea edozein birgertatze aldirako eta iraupenerako aurreikusi daiteke, lekuko datu historikoetan oinarritutako taula batzuen bidez. Uholdeen maiztasunari dagokionez, berriz, ez dago uholde baten neurri eta lekuaren informazioa aurreikusteko modurik, baina aurretik gertatutako uholdeek informazio baliotsua eskaini dezakete gutxi gorabeherako estimazioak egin ahal izateko.

2.5. CAMPUSEKO LURREN INFILTRAZIO GAITASUNA

Infiltrazioa, definizioz, ura lurzorua azaleratik luraren barrualdera igarotzeko prozesua da eta neurtzen duen parametro infiltrazio gaitasuna da. Parametro hau leku jakin batean eta baldintza jakin batzuk kontuan hartuta, lurzoru batean ura sartzeko gehieneko tasa da, edo, bestela esanda, lurrak xurga dezakeen euri-uraren gehieneko intentsitatea. Infiltrazio gaitasuna mm/h edo mm/min-tan adieraz daiteke.

Euriaren intentsitatea infiltrazio gaitasuna baino handiagoa bada, azaleko erretentzioa gaintu ondoren, azaleko isurketa emango da. Ordea, euriaren intentsitatea txikiagoa bada, benetako infiltrazio tasa hori izango da: euriaren intentsitateari azaleko erretentzioa kenduta, infiltrazio ahalmen hori baino txikiagoa izango dena.

Hainbat faktorek eragiten dute bai infiltrazioan, bai infiltratutako uraren kantitatean. Faktore hauek dira lurzorua infiltrazioan eragiten dutenak:

- *Prezipitazioa* luraren propietateetatik kanpoko faktore bat da. Prezipitazioa egotea infiltrazioa egoteko arrazoia da, baldin eta gutxieneko muga jakin bat gaintzen bada.
- *Temperatura*. Lurzorua tenperatura jasotako ura izozteko bezain baxua bada, geruza izoztuak infiltrazioa eragozten edo zailtzen du.

- *Hasierako hezetasunak* eragin handia du lurrean. Lurra oso lehor badago, grabitatearen eraginez, tentsio kapilar handia sortzen da eta, ondorioz, infiltrazioa areagotu egiten da. Lurra busti ahala buztinak eta koloideak puztu egiten dira, eta poroen tamaina eta infiltratzeko lurzoruak duen ahalmena murriztu egiten dira. Bestalde, lurzoruak ura geldiarazteko ahalmena lortu ahala, ur kantitate gutxiago onartuko da, gradiente piezometriko gutxiago egongo baita, eta ondorioz, sarrera-fluxu gutxiago.
- *Lurzoruaren azaleraren baldintzak*. Ura lurrean modu estatikoan egoteak infiltrazioa errazten du, ura infiltratu dadin denbora ematen baitu. Horregatik, lurrazalean ura geldiarazteko ura bera egotea eta irautea saihesten duten faktoreek kalte egiten diote infiltrazioari. Horrela, luraren maldak eroritako ura lurrazaleko isurketa gisa igarotzea errazten du; zenbat eta malda handiagoa izan, orduan eta denbora gutxiago behar du leku batetik bestera mugitzeko eta orduan eta ur gutxiago geratzen da lurrean. Bestalde, landaretzak ura geldiarazten laguntzen du, eta horrek handitu egiten du urak lurrean ematen duen denbora eta, ondorioz, infiltrazioa. Lurraren trinkotzeak baldintzak zehazten dituen beste faktoreetako bat da.

Gradu Amaierako Lan honetan infiltrazio gaitasunarekin lan egiteko “Kurba Zenbakia” parametroa erabili da (Curve Number, CN). Metodo enpiriko bat da eta 0-100 bitarteko balio bat hartzen du, lurrazaleko ur-isurketa sortzeko ahalmenaren arabera. 0-tik gertu dauden balioak iragazkortasun oso altuko eremuei daude lotuak, eta 100-tik gertukoak, berriz, eremu iragazgaitzei lotuak. Kurba zenbakia arroaren ur-isurketa sortzen duten propietate hauen araberakoa da:

1. Lurzoruaren mota hidrologikoa
2. Lurraren erabilpena eta tratamendua
3. Aurretiazko hezetasun baldintza

Lurzoru motari dagokionez, jadanik existitzen diren lau multzo hidrologikoetan sailkatzen da. A-tik D-rako taldeak daude, A taldeak gutxieneko xukatze-potentzial bat adierazten du eta D-k, berriz, xukatze-potentzial handi bat. Lurzoru bati talde jakin bat esleitzeko, haren osaera, ehundura eta maila freatikoaren sakonera hartu behar dira kontuan. Behin kurba zenbakia definituta, ikerlana burutzeko erabili den SWMM programan sartu da arro bakoitzak duen balioa eta horrela, aipatutako infiltrazio gaitasuna kontuan hartu da.

3. EGUNGO EGOERAREN AZTERKETA

Sarreran aipatu bezala, Gradu Amaierako Lan hau elkarlanean egindako proiektu baten parte da, Campus Bizia Lab eta 2030 Agendaren baitan. Euskal Herriko Unibertsitatearen Bizkaiko eta Gipuzkoako Campus esanguratsuenen azterketak egin diren arren, ikerlan honek Bizkaikoa aztertu du, Leioako Campusa hain zuzen ere.

Eremuaren informazioa eta planoak Proiektu, Lan eta Instalazioetako teknikariarekin harremanetan jarrita lortu dira, Arkitektura eta Lanen Zerbitzua EHU/UPV-n. Emandako planoak hauek izan dira: partzela banaketa, hornikuntza-sarea, saneamendu-sarea eta egun dauden zerbitzuen kokapena (argia, telefonia, etab.). Aipatutako planoetatik abiatuta, moldatu diren plano berriak I. eranskinean ikus daitezke.

3.1. KOKAPEN GEOGRAFIKOA

UPV/EHUko Leioako Campusa Leioako eta Erandioko udalerrietan dago kokatua, Campusean bertan baitago bi udalerrien arteko muga. Aipatzekoa da Campus honen kokalekua, izan ere, ez dago hirigunean, baizik eta mendialdean isolatua. Mendiaren goialdean eta hirigunetik at kokatua egoteak badu eragina egindako azterketan. Mendialdea izan arren eremua orokorrean nahiko laua da eta honek arroengan, uraren isurketarengan eta drainatze sarearengan eragina du. Bestetik, goialdean egoteagatik Leioako Campusean sortutako arroek bertan jausitako ura kudeatzen dute soilik eta ez da kontuan hartu behar beste eremu batzuetatik datorren ura, esaterako sakanetan geratzen ez den bezala.



Irudia 25: Leioako Campuseko kokapen mapa. Iturria: GeoEuskadi



Irudia 26: Leioako Campuseko ortoargazkia. Iturria: GeoEuskadi

3.2. EREMU PRIBATU ETA PUBLIKOEN BANAKETA

Erantsitako I. eranskinean ikus daitekeenez, 1. planoan partzelak zelan dauden banatuta azaltzen da, baita Campusak berak hartzen duen eremua zein den ere. Planoan bertan bereizita ageri da eremu pribatua eta publikoa. Campusera heltzeko sarbide nagusia BI-647 errepidea da, Bizkaiko Foru Aldundiak kudeatzen duena, eta, beraz, errepidea eremu publikokoa da. Campusaren eremu barruan dauden eraikinak, errepideak, kaleak, lorategiak eta berdeguneak eremu pribatukoak dira. Eremu hauek Euskal Herriko Unibertsitateak kudeatzen ditu, eta Leioako eta Erandioko Udalek ezta Bizkaiko Foru Aldundiak ere ez, ez daukate eskumenik hauen kudeaketan.

3.3. GEOLOGIA ETA MORFOLOGIA

Bizkaian kokatutako Leioako Campusean hainbat azterketa geologiko eta geotekniko egin dira aurretik. Gradu Amaierako Lana enpresa ezberdinek garatutako txostenen informazioan oinarrituta dago, EHU-ko Arkitektura eta Lanen zerbitzuak utziak. Ondorio moduan, Leioako Campuseko litologia nabarmenena tupa eta tupadun kareharria dela esan daiteke. Horrez gain,

esanguratsua da azterketa ugari egin ostean ez dela maila freatikoaren arrastorik egon. Hori kontuan hartuta eta mendiaren goialdean dagoela kokatua ahaztu barik, erabat baztertu da maila freatikorik egotea.

Azterlanaren garapenerako, kurba zenbakia zehaztu behar izan da. Memoriari atxikituta dagoen II. eranskinean azterketa geologikoari dagozkion datuak, informazioa eta ondorioak agertzen dira. Bertan, zehaztasunez dago azalduta Leioako informazio geologikoa, era garatuago batean. Horrez gain, kurba zenbakia zehazteko hainbat plano egin behar izan dira, eta taula eta grafikoen bidez informazioa osatu da. Bestalde, azterketa hidrológico eta hidraulikoa egin ahal izateko, azpiarroak eratu dira. Azpiarro guztiak I. eranskineko 6. planoan adierazita daude eta zenbakiekin daude adierazita; garrantzitsua da arro bakoitzaren informazioa zuzen gordeta eta antolatuta izatea aplikazio ezberdinetarako, 1. taulan ikus dezakegunez.

Laburbilduz, aipaturiko dokumentuan ondorioztatu da iragazkortasun koefizientea 1 mm/h-ko balioa duela ($k = 1\text{mm/h}$). Lurzoruari dagokionez, NRCS irizpidearen arabera, Campusa D taldeari dagokio; hau da, potentzial altuko lurra da. Azkenik, lurzoruaren erabileraren arabera hiru kurba zenbaki zehaztu dira: $CN = 80$, $CN = 83$ eta $CN = 84$. Hurrengo taulan azpiarro bakoitzari dagokion kurba zenbakia zehaztuta dago.

Taula 1: Azpiarroen kurba zenbakiak

Egoera oneko eremu zabalak	Egoera txarreko eremu zabalak	Dentsitate txikiko baso-lurrak
CN = 80	CN = 84	CN = 83
1, 23, 29, 31, 38, 42, 44, 61, 62, 64, 68, 72, 76, 77, S80	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 57, 58, 59, 60, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75, S78, S79	11, 53, 55, 56

3.4. HIDROLOGIA

IDOM ingeniariak Leioako Campusean aparkaleku bat egiteko azterketa geologiko-geoteknikotik ondorioztatu daiteke, lurrazaleko hidrologiari dagokionez, ez dela antzeman ibai ibilgu esanguratsurik. Aipatzekoa da Leioako Campusaren inguruan dagoen presa. Izan ere, presa horrek emari txikiko zenbait ibilguren ura jasotzen du, noizbehinka urteko sasoi konkretu batzuetan, ia emaririk ez dutenak. Urtegiko eta inguruko arroetako ura, Urgitxiko eta inguruko ibai txikien ura jasotzearekin batera, Udondo ibaian batzen da. Ibai honek, 700 metroko gutxi gorabeherako hedadurarekin, Bilboko Itsasadarrean itsasoratzen da, Astrabudua inguruan.

Hala ere, aipatu beharra dago bi arro hidrologikoren barruan dagoela Leioako Campusa eta beraz eremuko ur guztia ez da leku berean itsasoratzen. Campusa erdibitzen duen errepideak iparraldeko eta hegoaldeko isurketa banatzen ditu, eta, hortaz, hegoaldeko urak soilik bukatzen dute goian aipatutako urtegi eta itsasadarrean.



Irudia 27: Leioako Campuseko arro banaketa (berdez) eta ibaiak (urdinez). Iturria: GeoEuskadi

Hidrogeologiaren ikuspuntutik, material arrokatsuak nabarmendu daitezke estaldura kuarternario ezberdinetatik. Sedimentu kuarternarioen iragazkortasunari dagokionez, depositu antropikoetan eta hondar-lurretan oso iragazkortasun txikia dago maila kohesiboetan, eta iragazkortasun oso altua material granularra nagusi den eremuetan. Arroka dagoen eremuetan ondorioztatu da iragazkortasuna txikia edo oso txikia dela.

3.5. KLIMATOLOGIA

Leioako Campusa Bizkaian dago kokatuta. Lurralde historikoaren klima itsasaldeko klimaren edo klima ozeaniar epelaren barruan sailkatzen da. Batez besteko tenperatuta 12,5°C ingurukoa da, eta ez da bat-bateko tenperatura-aldaketarik izaten itsasoak eragin handia duelako tenperatura erregulatzeko garaian.

Urteko batez besteko prezipitazioa 1200 mm ingurukoa izan ohi da, eta hileko indizerik altuenak azaroan eta abenduan erregistratzen dira; euri gutxien egiten dituen hilak iraila eta urria izaten dira normalean. Urteko gainerako hilabetetan euri-erregimena nahiko erregularra izaten da, uztailan, abuztuan edo irailean botatzen dituen ekaitzak salbuespenak izanik.

Gradu Amaierako Lanaren garapenean Loiuako Aireportuko plubiometroko datuak hartu dira kontuan.

ESTACIÓN		Longitud	Latitud	Altitud	Provincia	Periodo Fun.	AÑOS CON DATOS		Serie completa más larga
Código	Denominación						Compl.	Incompl.	
1082	Bilbao (Aeropuerto)	2º54'21"W	43º17'53"N	39	Bizkaia	1947-2011	61	3	1947-2000

Irudia 28: Loiuako aireportuko estazio meteorologikoaren datuak. Iturria: Saitec

Loiuako Aireportuko estazio meteorologikoak hainbat daturen inguruko informazioa eskaintzen du.

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

Irudia 29: Parametro klimatologikoak. Iturria: Saitec

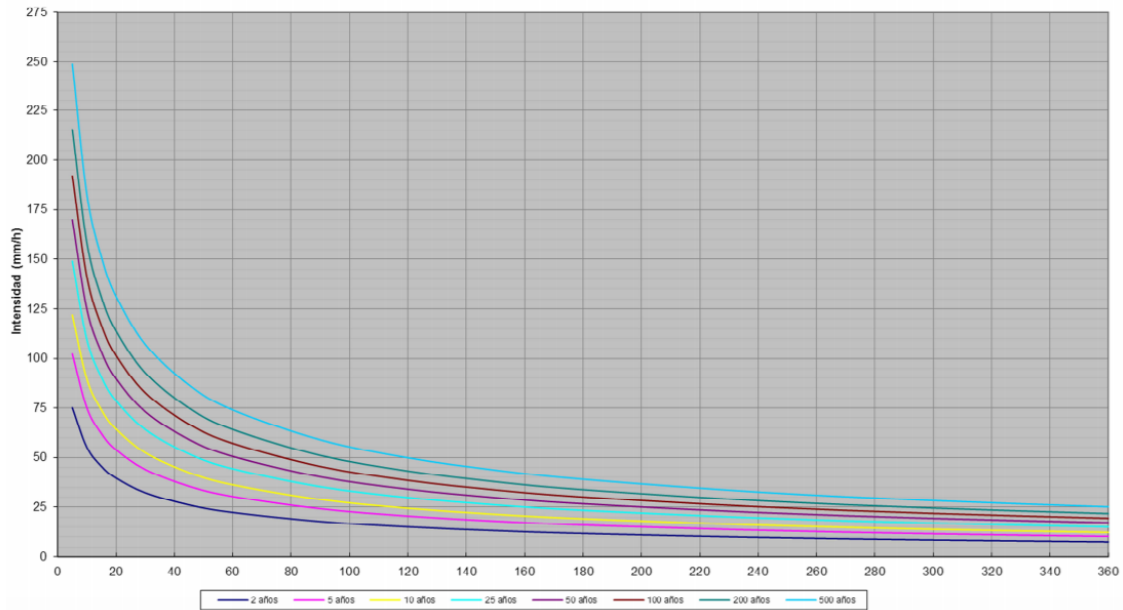
Iraupen eta birgertatzen aldi ezberdinetarako euri-uren informazioa taularatuta ematen du hurrengo tauletan.

INTENSIDAD DE LLUVIA PARA DISTINTAS DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO SEGÚN DATOS DE 1082 - BILBAO (AEROPUERTO)

DURACION (horas)	DURACION (minutos)	PERIODO DE RETORNO (años)							
		2	5	10	25	50	100	300	500
		INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h) ²							
0.08	5	75	102	122	149	170	192	215	249
0.17	10	55	75	90	109	125	141	158	183
0.25	15	46	62	74	90	103	117	131	151
0.33	20	40	54	64	79	90	101	114	131
0.50	30	32	44	52	64	73	83	93	107
0.75	45	26	36	42	52	59	67	75	87
1.00	60	22	30	36	44	51	57	64	74
1.50	90	18	24	29	35	40	46	51	59
2.00	120	15	20	24	30	34	39	43	50
2.50	150	13	18	21	26	30	34	38	44
3.00	180	12	16	19	23	27	30	34	39
4.00	240	10	13	16	20	22	25	28	33
5.00	300	9	12	14	17	19	22	25	28
6,00	360	8	10	12	15	17	19	22	25
P max (24 horas)		61	83	99	121	138	156	175	202

Irudia 30: Euriaren intentsiatea iraupen eta birgertatzen aldi ezberdinetarako. Iturria: Saitec

Curvas Intensidad-Duración Estación 1082 BILBAO (Aeropuerto)

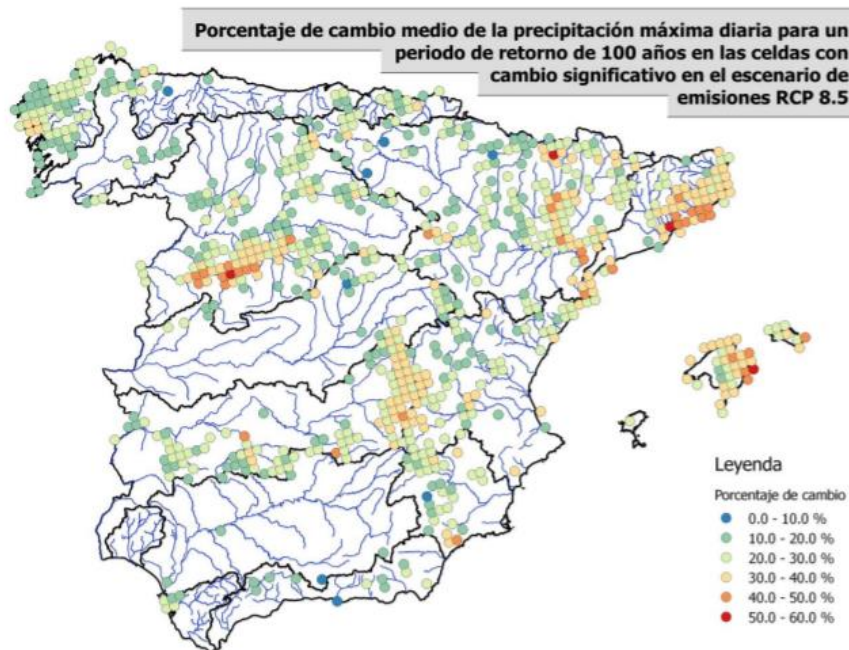


Irudia 31: IDF kurbak. Iturria: Saitec

Proiektu honen modelizazioa egiteko intentsitate konstanteko euria erabili da, 30 minutuko iraupena duena, eta 10 urteko birgertatze aldia aukeratu da denbora erreferentzia gisa, egunerokotasuneko azterketa bat egin ahal izateko. Hortaz, erabiliko den euriaren intentsitatea ondorengoa litzateke:

$$I_{\text{egun}} = 55 \text{ mm/h}$$

2030 Agendaren Garapen Iraunkorreko Helburuekin bat egiteko, ordea, kontuan hartu da aldaketa klimatikoak euriarengan izango duen eragina etorkizunean. Espainiako Gobernuko Trantsizio Ekologikorako Ministerioak 2018ko abenduan argitaratutako dokumentuan datorren informazioa aintzat hartu da: *“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)”*. Dokumentuan bi agertoki agertzen diren arren, Gradu Amaierako Lanean RCP 8.5-ekoa baino ez da kontuan hartu. Isurketen agertokiak gasek etorkizunean izango duten bilakaeraren proiektzioak dira. Egoera horiek gobernuek ezarritako munduko biztanleriaren garapen sozioekonomikoaren zein ingurumen-politiken araberakoak dira, baita klimari eta beste arlo batzuei buruzko akordioen araberakoak ere. RCP 8.5 agertokian suposatzen da isurketen hazkundeak gorantza doala denbora aurrera joan ahala, eten barik; etorkizuneko proiektzioari begira egoera hau da bietan kaltegarriena eta beraz, diseinurako erabili dena.



Irudia 32: RCP-8.5 agertokiaren arabera prezipitazioan emango diren aldaketak ehunekotan. Iturria: Espainiako Gobernoa, Trantsizio Ekologikorako Ministerioa

Irudian ikus daitekeenez, Leioaren inguruan eremu berde argia dago, hau da, %20-30 bitarteko eguneko prezipitazio maximoaren hazkundea. Proiektuko euria zehazteko, batez bestekoa hartu da hazkunde bezala, gutxi gorabeherako hurbiltze bezala: %25.

Hortaz, ikerketa lanean simulaziorako erabili den etorkizuneko euria, intentsitate konstantekoa, hurrengoa izan da, 10 urteko birgertatze aldiarekin eta 30 minutuko iraupenarekin:

$$I_{\text{etorkizuna}} = 55 + 55 \cdot 0,25 = 68,75 \text{ mm/h}$$

3.6 DRAINATZE-SAREA

Aurretik azaldu bezala, Leioako Campuseko egungo egoeraren informazioa EHU-ko Arkitektura eta Lan zerbitzuak utzitako planoetatik lortu da. Eskuratutako planoen artean, saneamendusarearen informazioa duen planoak moldatu egin da eta arroak egiteko sarearen sinplifikazioa egin da. SWMM-en modeloa egiteko, sinplifikatutako sarea erabili da oinarritzat. Egindako moldaketak egungo sarearen funtzionamendua errespetatuz egin dira.

Horrez gain, informazioa landa azterketaren bidez osatu behar izan da. Izan ere, ura iparraldeko eremura isurtzen duen drainatze sarearen zatia berria da eta arketen eta hoditeriaren informazioa osatua dago planoetan. Ura hegoaldera isurtzen duen sarearen zatian, ordea, ez da horrela gertatzen; informazioa osatu gabea dago. Landa azterketan intereseko arketak altxatu egin dira faltan dagoen informazioa eskuratzeko: hodian diametroak, arketen sakonerak, errealitateko sarearen eraketa, etab. V. eranskinean azalduta dago zehaztasunez drainatze sarearen egoera.

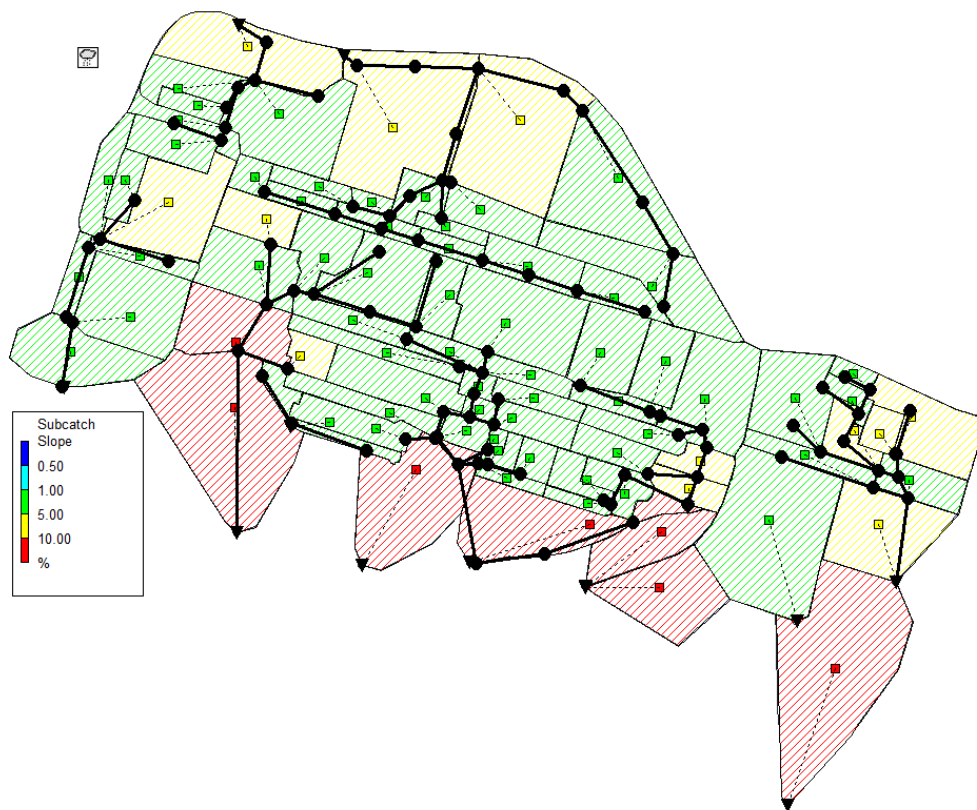
4. EGUNGO DRAINATZE-SAREA ETA EREDUAREN DEFINIZIOA

Leioako Campuseko hiri-drainatze sistema jasangarrien erabilgarritasun azterketa egiteko, aurretik esan bezala, SWMM programaren bidez modeloa sortu da. Behin sortuta hainbat simulazio, proposamen eta ondorio egin ahal izan dira.

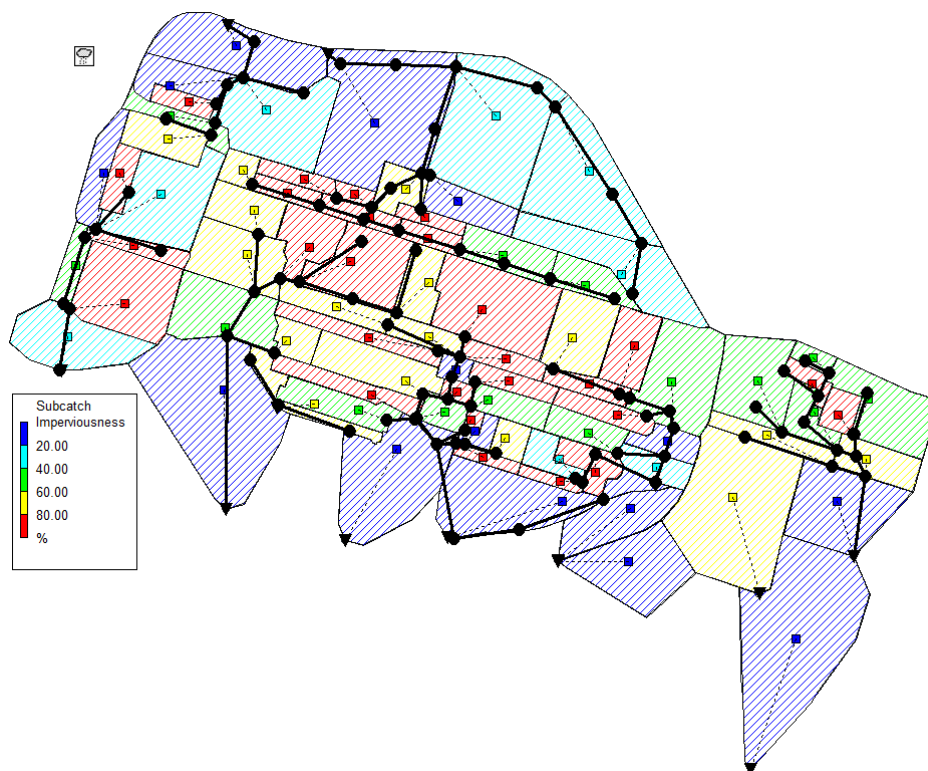
V. eranskinean, egungo modeloaren diseinuaren nondik norakoak eta garapena azalduta dago, zehaztasunez. Ideia orokorra izateko, ordea, aipatu beharra dago diseinua egiteko EHU-ko Arkitektura eta Lan Zerbitzuetik hainbat plano lortu direla: jabetza eremukoak, euri-uren sarekoak, zerbitzuena, etab. Hauek kontuan hartuz, sinplifikatu egin dira eta Gradu Amaierako Lanari egokitutako plano berriak sortu dira.

Azpiarroak sortzea ezinbestekoa izan da, SWMM-en lan egin ahal izateko. Horren inguruko daturik ez denez lortu, eremuaren ezagutzatik, uraren isurketaren norabideak kontuan hartzetik eta interneteko satellite bidezko ikuspegi ezberdinetatik osatu dira. Gainera, drainatze sistema sinplifikatu egin da errealitatean dagoenarekin konparatuta, baina bere funtzionamendua aldatu barik; era horretan, egin beharreko ikerketa lana erraztu da.

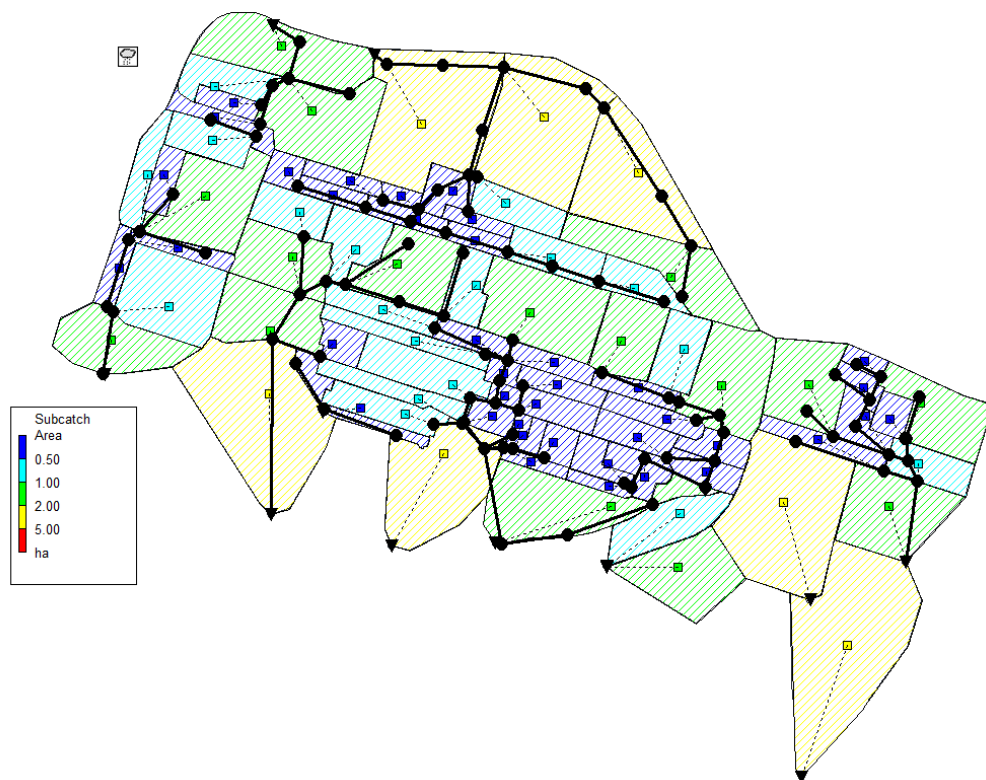
Oro har, eremua lautada batean dago, mendi baten goialdean egon arren. Honek eragina du modeloaren eraketan: adierazi beharreko arroen maldak, hodian maldak, arketen kotak, isurtzen den ur-bolumena, etab. Hurrengo irudietan ideia orokor bat izateko Leioako modeloa ageri da, era ezberdinetan adierazita.



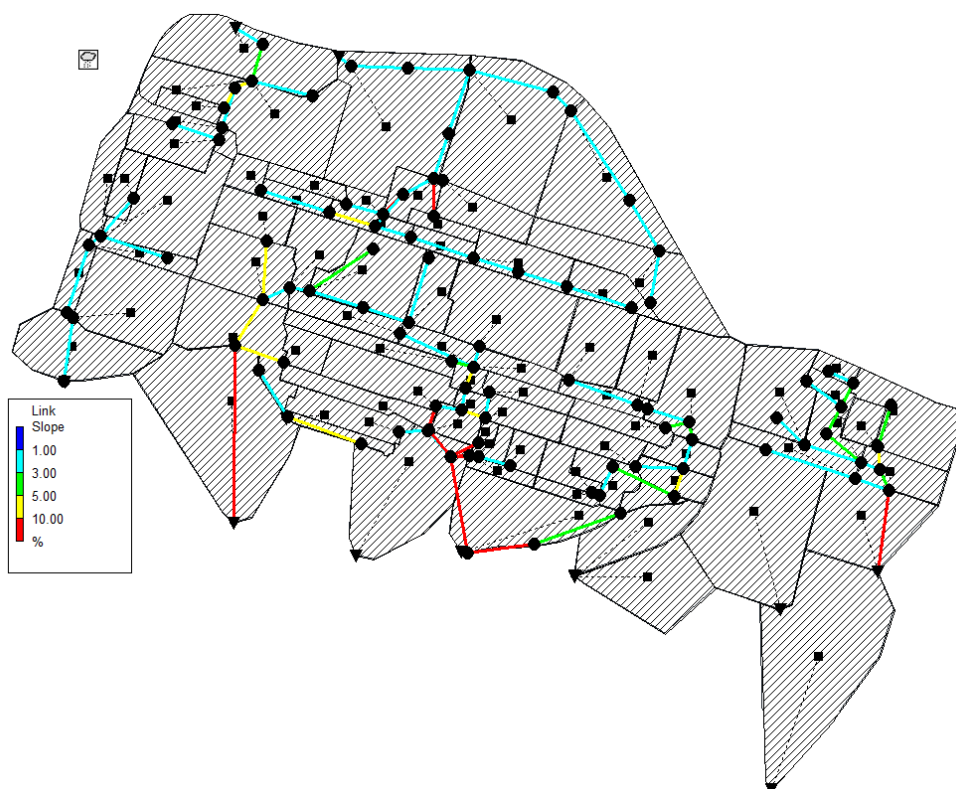
Irudia 33: Leioako Campuseko arroen maldak ehunekotan



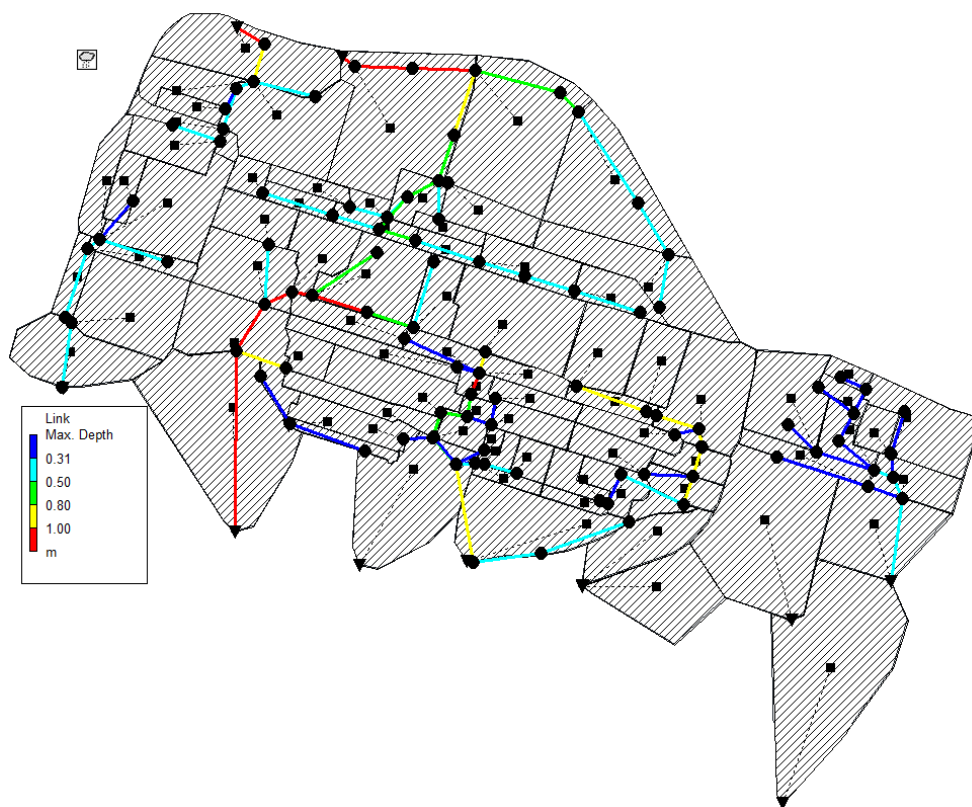
Irudia 34: Leioako Campuseko arroen iragazgaitasuna ehunekotan



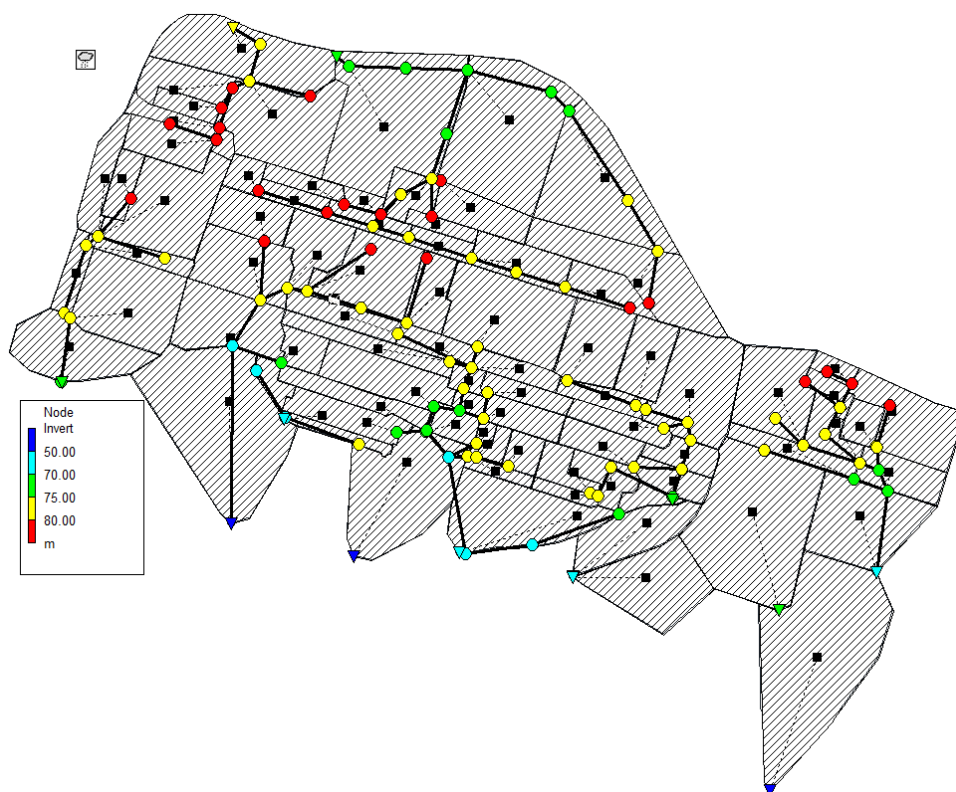
Irudia 35: Leioako Campuseko arroen azalera banaketa hektareatan



Irudia 36: Drainatze-sistemaren hodian maldak ehunekotan



Irudia 37: Drainatze-sistemaren hodiak hodiaren diametroak metrotan



Irudia 38: Drainatze-sistemaren arketen kotak metrotan

4.1. AZTERKETAREN IRAUPENA

3.5 atalean aipatu bezala, klimatologiaren inguruko informazioa eman den atalean, 68,75 mm/h-ko intentsitatea zehaztu da proiektu hau garatzeko eta 30 minutuz konstante mantenduko dela ezarri da. 10 urteko birgertatze aldia izango duen euria da, beraz, egunerokotasuneko egoera bat aztertzea baimenduko du. Euriaren iraupena luzeegia ez denez, minuturo egin da azterketa zehatza, eta horrela minutu bakoitzean zehatz-mehatz gertatzen dena ezagutzeko aukera eman du. Azterketa osoaren iraupena ordu batekoa izango da.

Simulation Options

General Dates Time Steps Dynamic Wave Files

	Date (M/D/Y)	Time (H:M)
Start Analysis on	03/27/2021	00:00
Start Reporting on	03/27/2021	00:00
End Analysis on	03/27/2021	01:00
Start Sweeping on	01/01	
End Sweeping on	12/31	
Antecedent Dry Days	0	

OK Cancel Help

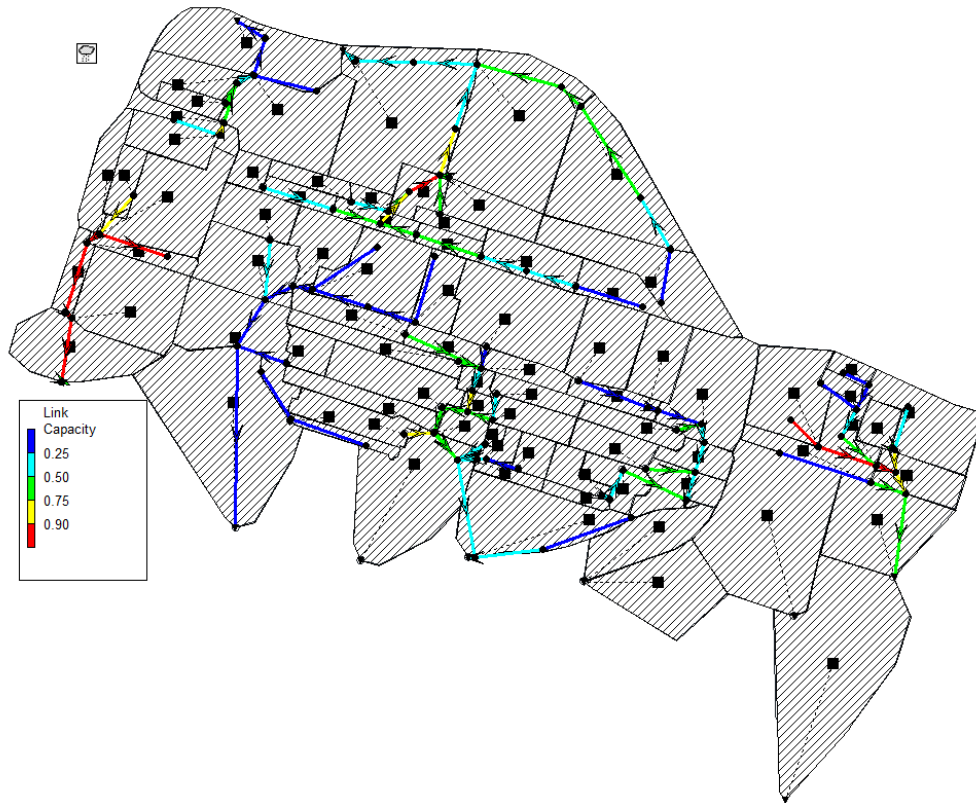
Irudia 39: Simulazioaren denbora tarteak

5. EGUNGO DRAINATZE-SAREAREN AHULGUNEAK

Egun funtzionamenduan dagoen sarea definituta dagoenean eta simulazio baldintzak zehaztu direnean exekuzioari ekin dakiok. Exekutututako simulazioan, hortaz, egungo egoeran zer gertatzen den ikus daiteke zonalde eta momentu bakoitzean. Gradu Amaierako Lan honen helburua drainatze sarearen erantzuna hobetzea da, kudeatu beharreko ur-bolumena murrizten saiatuz etorkizuneko euriarekin. Beraz, egindako azterketa hodian gaitasunean zentratu da.

Hodien ur-bolumena kudeatzeko gaitasuna zehazteko erabili den irizpidea hodiak gaitasunaren %90 ez gainditzea izan da. Hori lortzeko, lehenik eta behin egungo sarearen egoera aztertu da.

Aipaturiko baldintzetan ikus daiteke badaudela mugako gaitasun hori gainditzen duten hodiak, 40. irudian gorritz daudenak hain zuzen ere. Irudia simulazioaren 22. minutuari dagokio.



Irudia 40: Simulazioaren emaitzak, gaitasuna aztertuz, 00:22 minutuan

6. EURI URAK KUDEATZEKO PROPOSAMENA

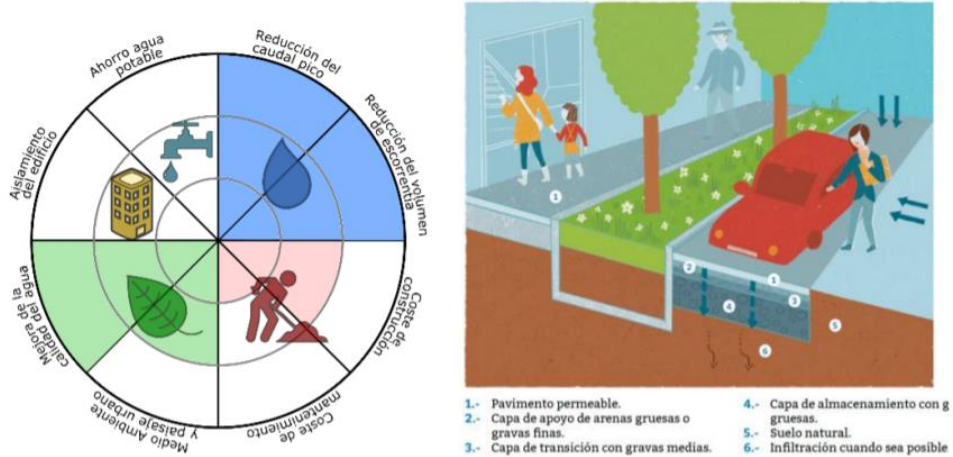
6.1. AUKERATURIKO HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN DESKRIBAPENA

Egungo egoeran ematen diren ahulguneak identifikatu ondoren, hobetzeko azterlana eraman da aurrera. Ezarritako mugako gaitasunaren azpitik dauden balioak lortzeko, hiri-drainatze sistema jasangarriak non eta zelan aplikatu aztertu beharra dago; 40. irudiko hoditeria gorriko eremu inguruetan, hain zuzen. Lehenik eta behin, helburuak finkatuta, hiri-drainatze sistema jasangarri mota guztien artean zein erabili erabaki da. Funtzioaren sailkapena kontuan hartuta, Gradu Amaierako Lanean ur-bolumena murriztuko duten, ura biltegitatu eta bere isurketa geldotuko duten soluzioak bilatu dira. Exekuzio lanaren zailtasun maila eta kokatu beharreko ingurunea kontuan izanda, bi hiri-drainatze sistema jasangarri mota erabili dira: zoladura iragazkorak eta infiltrazio-zangak eta puztuak. Azterlanean egindako proposamenetan eta dimentsionaketan ez dira zehaztasun guztiak erabili, SUDS-en azterketa orokorra egiteko nahikoa jo diren ezaugarriak baizik.

Ondoren sakonago aipatuko den arren, azpimarratu beharra dago bi drainatze sistema jasangarri mota hauen aukeraketaren zergatia. Bai zoladura iragazkorrak bai infiltrazio zanga eta putzuak, puntako emaria eta azaleko isurketaren bolumena murrizteko oso erabilgarriak dira, beste batzuk ez bezala. Gradu Amaierako Lanaren helburu nagusia hori denez, bi hauek aplikatzea erabaki da.

6.1.1. ZOLADURA IRAGAZKORRA

Oinarri teorikoetan azaldu den bezala, zoladura iragazkorra lurzoru artifizial mota bat da, hirietako zoladura iragazgaitzaren aldaera jasangarriago bat; eremu horretan jausten den euri-ura hobeto kudeatzeko helburua du. Ibilguen eta oinezkoen pasatzea ahalbidetzen dute eta era berean, denboraldi batez gordeko den euri-ura filtratzen dute, biltegitatu ondoren drainatzearen bidez hustuko dena.



Irudia 41: Zoladura iragazkorren balorazioa eta eskema. Iturria: Benaguasilgo udaletxea

41. irudian ikus daitekeenez, hiri-drainaketa sistema jasangarri mota hau oso erabilgarria da puntako emaria eta isurketa bolumena murrizteko. Exekuzio lanari dagokionez, gainera, ez du lan handiegirik suposatzen. Beraz, aukeraketa egokia dela ondoriozta daiteke.

Sortutako modeloan zoladura iragazkorreko drainatze jasangarriaren diseinua egiteko, beharrezko parametroak zehaztu dira “*Storm Water Management Model Reference Manual (Volume III – Water Quality)*” gidan oinarrituta. Kasu honetan, zoladura iragazkorren ohiko parametroak hatu dira kontuan (*Permeable Pavement* ingelesez, PP).

Parameter	Range
Surface Depression Storage, inches (D_t)	0 – 0.1
Surface Void Fraction (ϕ_1)	1.0
Pavement Thickness, inches (D_4)	3 – 8
Continuous Pavement:	
Porosity (ϕ_4)	0.15 – 0.25
Permeability, in/hr (K_4)	28 – 1750
Surface Opening Fraction ($1 - F_4$)	0
Block Pavers:	
Porosity (ϕ_4)	0.1 – 0.4
Permeability, in/hr (K_4)	5 – 150
Surface Opening Fraction ($1 - F_4$)	0.08 – 0.10
Sand Filter Layer:	
Thickness, inches (D_2)	8 – 12
Porosity (ϕ_2)	0.25 – 0.35
Field Capacity (θ_{FC})	0.15 – 0.25
Wilting Point (θ_{WP})	0.05 – 0.10
Saturated Hydraulic Conductivity, in/hr (K_{2s})	5 – 30
Wetting Front Suction Head, inches (ψ_2)	2 – 4
Percolation Parameter (HCO)	30 – 55
Storage Layer Thickness, inches (D_3)	6 – 36
Storage Void Fraction (ϕ_3)	0.2 – 0.4
Capture Ratio (R_{LID})	0 – 5

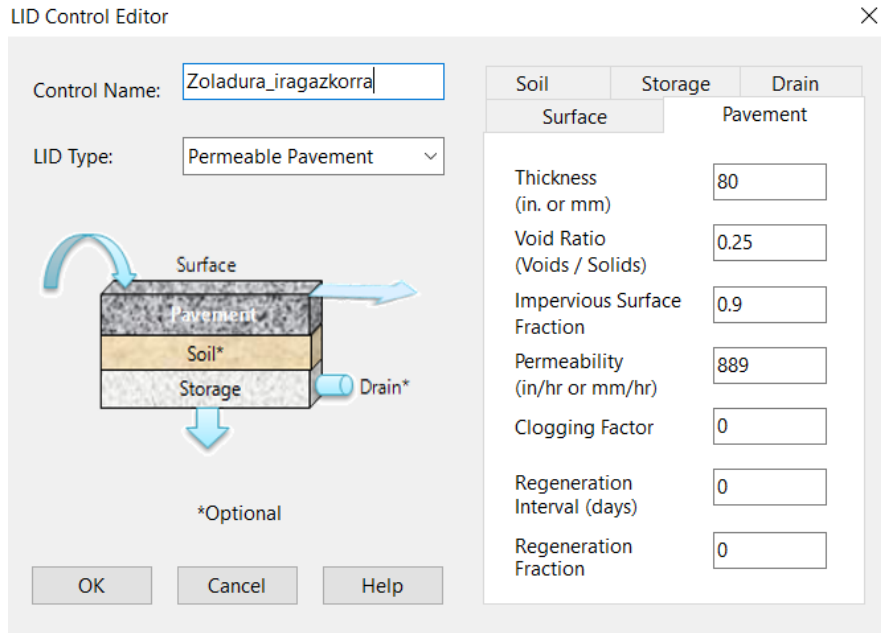
Irudia 42: Zoladura iragazkorren parametroen ohiko balioak. Iturria: SWMM manuala

Taula 2: Zoladura iragazkorren definiziorako erabili diren parametroak

Surface → Gainazala	
Berm height → Bermaren altuera (mm)	0,05
Vegetation Volume Fraction → Landaredia bolumen frakzioa (%)	0
Surface Roughness → Gainzalaren zimurdura (Manning-en n)	0,02
Surface slope → Gainzalaren malda (%)	2
Pavement → Zoladura	
Thickness → Lodiera (mm)	80
Void ratio → (%)	0,25
Impervious surface fraction →	0,9
Permeability → Iragazkortasuna (mm/h)	889
Clogging factor →	0

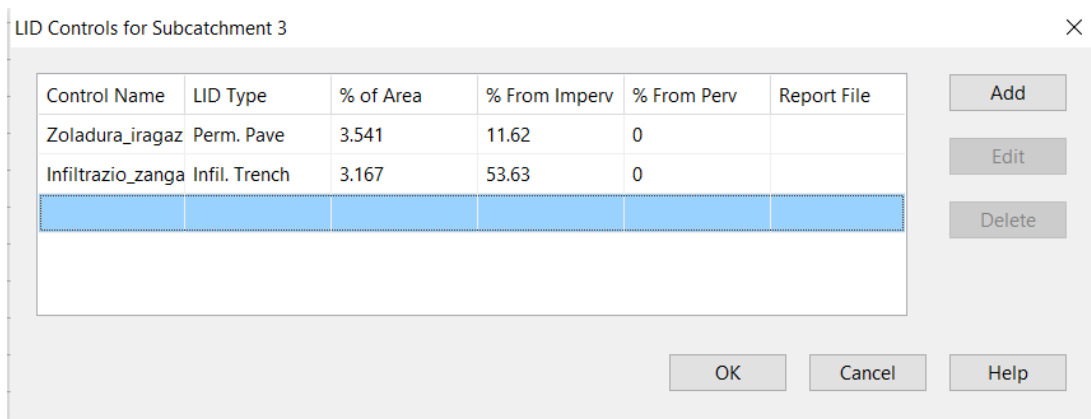
Regeneration interval →	0
Regeneration factor →	0
Soil → Lurra	
Thickness → Lodiera (mm)	50
Porosity → Porositatea (%)	0,45
Field capacity →	0,1
Wilting point →	0,05
Conductivity → Eroankortasuna (mm/h)	100
Conductivity slope → Eroankortasunaren malda (%)	50
Suction head →	50
Storage → Biltegitratzea	
Thickness → Lodiera (mm)	400
Void ratio →	0,7
Seepage ratio (mm/h) → Iragazkortasun koefizientea	1
Clogging factor →	0
Drain → Drainatzea	
Flow coefficient →	5
Flow exponent →	0,5
Offset (mm) →	350
Open level →	0
Closed level →	0
Control curve →	0
Pollutant removals → Kutsadura-kentzea	

Parametroak finkatuta, SWMMean zehaztutako parametroak dituen zoladura iragazkorra definitu da, *LID Control* bidez.



Irudia 43: Zoladura iragazkorren parametroak SWMMen

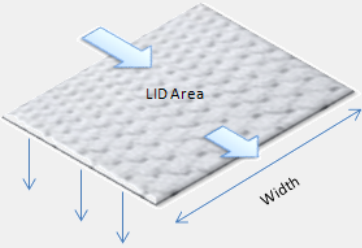
Zoladura iragazkorrek izan beharreko parametroak SWMMen definitu direnean, Campusean zehar aplikatzeari ekin zaio, euri-ur bolumena murrizteko helburuarekin. Beharrezkoa izan den arrotan gehitu da sortutako zoladura iragazkorra. Zehatu beharreko parametroen artean hauek daude: azalera, zabalera, hartzen duen eremu iragazgaitz eta iragazkorren ehunekoa eta isurtzen duen arketa. Hurrengo irudian, adibidez, hirugarren arrotan aplikatutako zoladura iragazkorren deskribapena ikus daiteke. Aipatu beharra dago drainatze jasangarrien kokapen eta eragin eremua planteatzerako orduan, suposatu dela soilik eremu iragazgaitzean izango dutela eragina, hau da, lurrazaleko ur-isurketa gehien egongo den eremuan. Horrez gain, eremu iragazgaitzen ehunekoa kalkulatzeko kontuan hartu da arrotan aurretik ezarri den azalera portzentaia eta drainatze sistemek hartzen duten azalera kalkulutik kendu da.



Irudia 44: Zoladura iragazkorren aplikazio adibidea 3. arrotan

LID Usage Editor

LID Control Name: **Zoladura_iragazkorra**



Detailed Report File (Optional):

LID Occupies Full Subcatchment

Area of Each Unit (sq ft or sq m): 578

Number of Units: 1

% of Subcatchment Occupied: 3.541

Surface Width per Unit (ft or m): 5.25

% Initially Saturated: 0

% of Impervious Area Treated: 11.62

% of Pervious Area Treated: 0

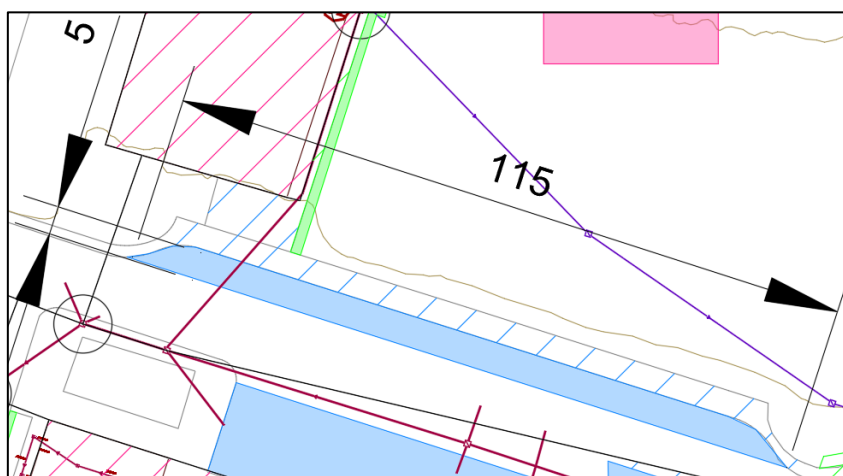
Send Drain Flow To:
(Leave blank to use subcatchment outlet)

78

Return all Outflow to Pervious Area

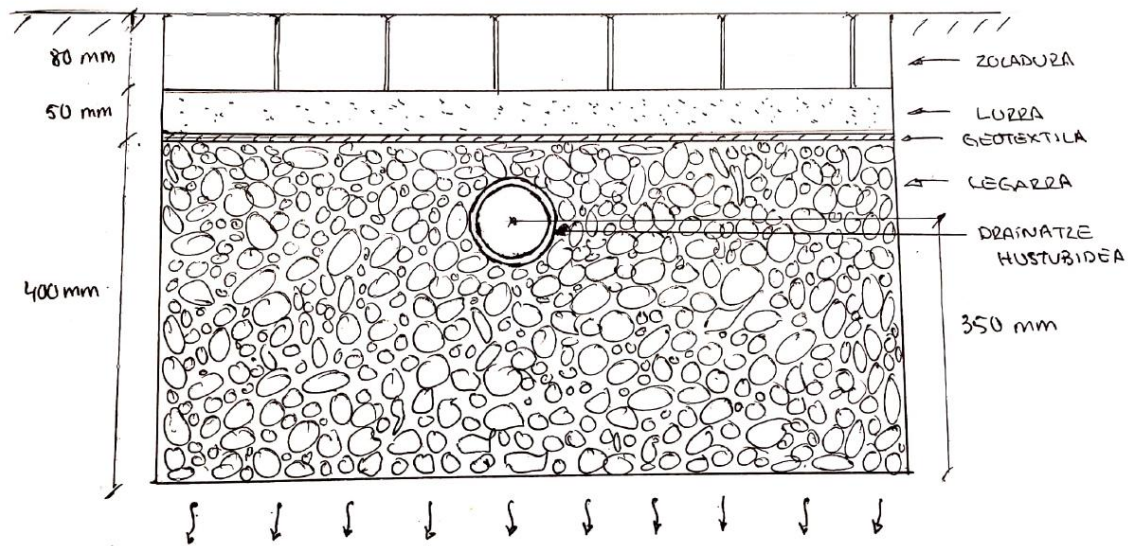
OK Cancel Help

Irudia 45: Zoladura iragazkorraren aplikazio adibidea 3. arroan



Irudia 46: Zoladura iragazkorraren dimentsionaketa 3. arroan, metrotan

Hurrengo irudian, zoldura iragazkorraren zeharkako profila ageri dira, soluzioaren ideia orokorra izaten laguntzeko.

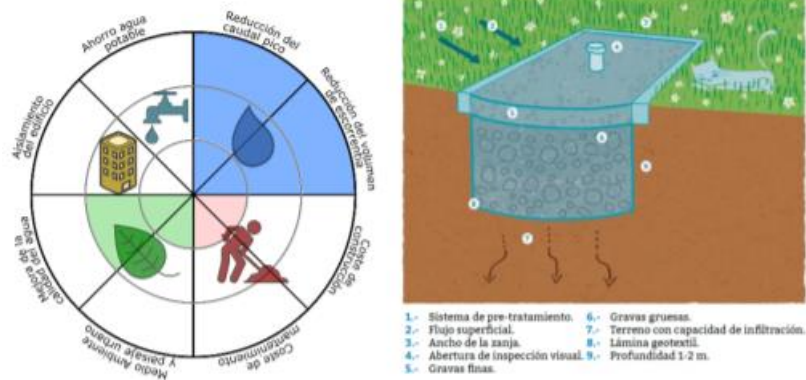


Irudia 47: Zoladura iragazkorren zeharkako profila

Kasu honetan, eta taulan emandako datuen arabera, biltegiak 400 mm-ko altuera du eta drainatze hustubidea 350 mm-ra kokatua dago, beheko erreferentziatik. Zoladurak eta lurra 80 mm eta 50 mm-ko altuera neurriak dituzte, hurrenez hurren. Geruzen artean eta drainatze hodiaren estadura moduan geotextila erabiltzen da, geruzen artean nahasketarik ez emateko eta urak garraiatu ditzakeen partikulen garbiketa xume bat bermatzeko.

6.1.2. INFILTRAZIO ZANGA ETA PUTZUA

Bai zangak eta bai putzuak lurzoruan egiten diren hondeaketak dira, inguruko gainazaleko ura jasotzeko eta biltegitratzeko helburua dutenak; drainatze materialez beteta daude. Ondoren, ur hori azpiko lurrera infiltratuko da. Biek helburu eta funtzionamendu bera duten arren, bien arteko diferentzia dimentsioak dira; zanga sakonera gutxi duen luzetarako hondeaketa da, putzuak, aldiz, luzera txikiagoak baina sakonagoak. Planoetan desberdin diren arren, SWMMeko azterketan infiltrazio zanga bakarrik definitu da, eta arro bakoitzean xehetasunak ezartzean dimentsionaketa ezberdina kontuan hartu da.



Irudia 48: Infiltrazio zangaren balorazioa eta eskema. Iturria: Benaguasilgo udaletxea

48. irudian ikus daitekeenez, hiri-drainaketa sistema jasangarri mota hau ere oso erabilgarria da puntako emaria eta isurketa bolumena murrizteko. Exekuzio lanari dagokionez, gainera, ez du lan handiegirik suposatzen; zoladura iragazkorren exekuzio-prozedura sinpleago bat jarraitzen dute. Beraz, aukeraketa egokia dela ondoriozta daiteke.

Sortutako modeloan infiltrazio zangaren diseinua egiteko, beharrezko parametroak zehaztu dira “*Storm Water Management Model Reference Manual (Volume III – Water Quality)*” gidan oinarrituta. Kasu honetan, infiltrazio zangaren ohiko parametroak hatu dira kontuan (*Infiltration Trench* ingelesez, IT).

Parameter	Range
Maximum Freeboard, inches (D_1)	0 – 12
Surface Void Fraction (ϕ_1)	1.0
Storage Layer Thickness, inches (D_3)	36 – 144
Storage Void Fraction (ϕ_3)	0.2 – 0.4
Contributing Area, acres	1 – 5
Capture Ratio (R_{LID})	5 – 20

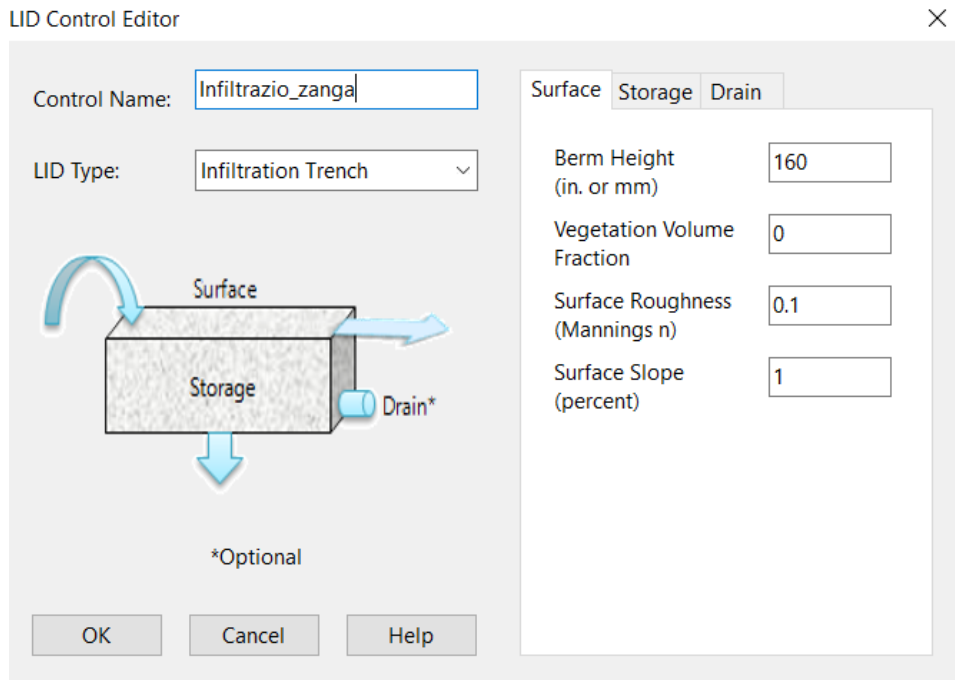
Irudia 49: Infiltrazio zangaren parametroen ohiko balioak. Iturria: SWMM manuala

Taula 3: Infiltrazio zangaren definiziorako erabiliko diren parametroak

Surface → Gainazala	
Berm height D_1 → Bermaren altuera (mm)	160
Vegetation Volume Fraction → Landaredia bolumen frakzioa (%)	0

Surface Roughness → Gaianzalaren ximurdura (Manning-en n)	0,1
Surface slope → Gainazalaren malda (%)	1
Storage → Biltegitratzea	
Thickness D ₃ → Lodiera (mm)	2290
Void ratio →	0,3
Seepage ratio (mm/h) → Iragazkortasun koefizientea	1
Clogging factor →	0
Drain → Drainatzea	
Flow coefficient →	5
Flow exponent →	0,5
Offset (mm) →	1700
Open level →	0
Closed level →	0
Control curve →	0
Pollutant removals → Kutsadura-kentzea	

Parametroak finkatuta, SWMMean zehaztutako parametroak dituen infiltrazio zanga definitu da, *LID Control* bidez.



Irudia 50: Infiltrazio zangaren parametroak SWMMean

Zoladura iragazkorraren kasuan azaldu den bezala, infiltrazio zangaren erabilerarako prozedura, jarraibide eta irizpide berak erabili dira. Hurrengo irudietan hirugarren arroaren aplikazio adibidea ikus daiteke.

LID Controls for Subcatchment 3

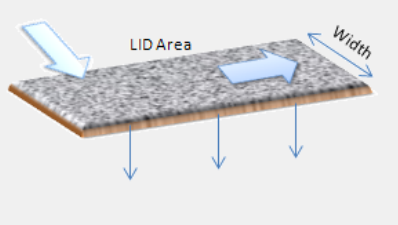
Control Name	LID Type	% of Area	% From Imperv	% From Perv	Report File
Zoladura_iragaz	Perm. Pave	3.541	11.62	0	
Infiltrazio_zanga	Infil. Trench	3.167	53.63	0	

Buttons: Add, Edit, Delete, OK, Cancel, Help

Irudia 51: Infiltrazio zangaren aplikazio adibidea 3. Arroan

LID Usage Editor

LID Control Name:



LID Occupies Full Subcatchment

Area of Each Unit (sq ft or sq m):

Number of Units:

% of Subcatchment Occupied:

Surface Width per Unit (ft or m):

% Initially Saturated:

% of Impervious Area Treated:

% of Pervious Area Treated:

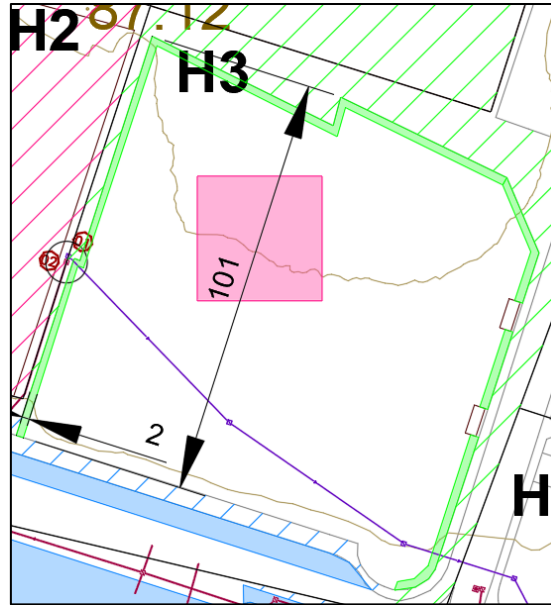
Send Drain Flow To:
(Leave blank to use subcatchment outlet)

Return all Outflow to Pervious Area

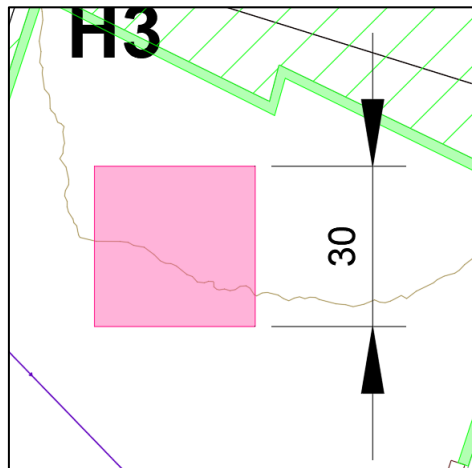
Detailed Report File (Optional):

Buttons: OK, Cancel, Help

Irudia 52: Infiltrazio zangaren aplikazio adibidea 3. arroan



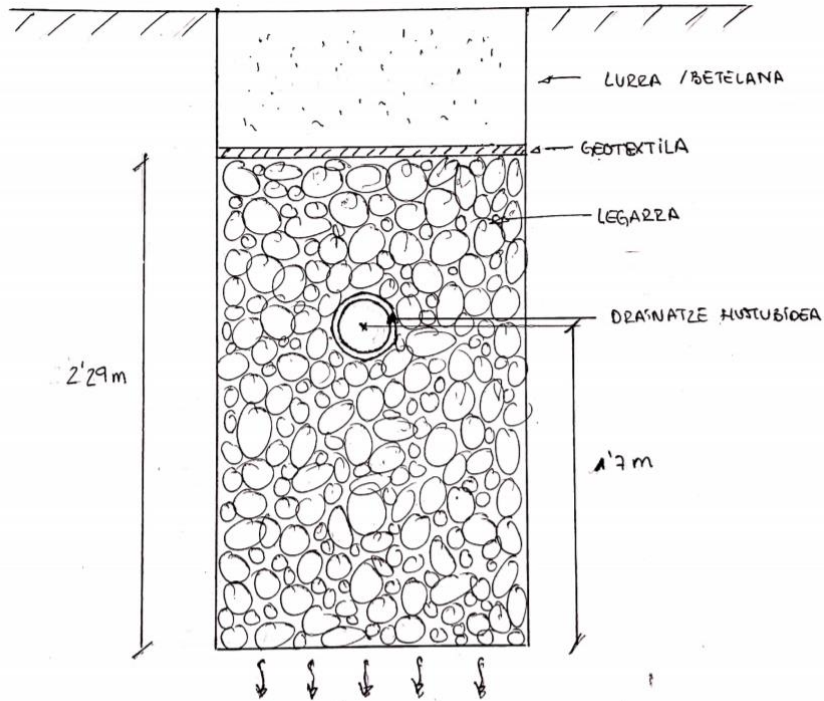
Irudia 53: Infiltrazio zangaren dimentsionaketa 3. arroan, metrotan



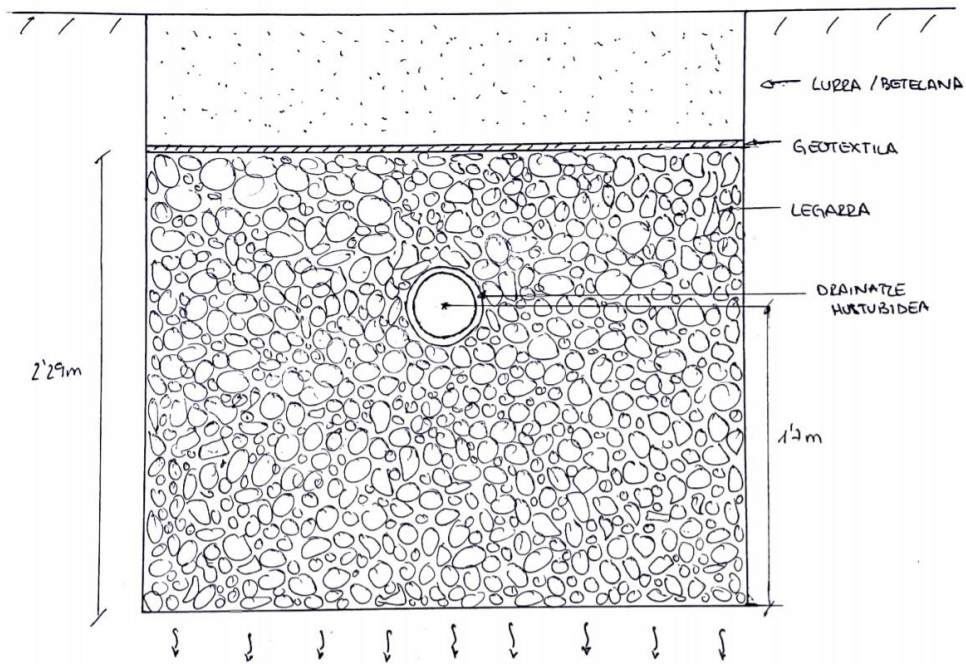
Irudia 54: Infiltrazio putzuaren dimentsionaketa 2. arroan, metrotan

Hurrengo irudietan, infiltrazio zangen eta putzuen zeharkako sekzioa ikus daiteke. Infiltrazio zanga eta putzuen artean altuera dimentsioan aldea egon ohi den arren, ikerketa burutzeko diseinu bakarra hartu da kontuan eta, beraz, sakonera berdina dute bietan. Azterketan aldatzen den bakarra hartzen duten azalera da; luzetarakoak zangak dira, eta zabalagoak direnak, aldiz, putzuak, aurreko irudietan ikus daitezkeenez. Horrez gain, biltegia eta gainazalaren artean lurra edo betelana jar daiteke, inguruaren eta eremuaren erabileraren arabera. Campusean zehar proposatu diren putzuak lurrarekin eta, kasu batzuetan, zoladurarekin estaltzeko ideiarekin proposatu dira. Era horretan, eremuaren helburua ez litzateke baldintzatuta geratuko,

aparkalekuen kasuan; berdeguneetan aplikatu diren kasuetan, berriz, pasaia mantenduko litzateke.



Irudia 55: Infiltrazio zangaren zeharkako profila

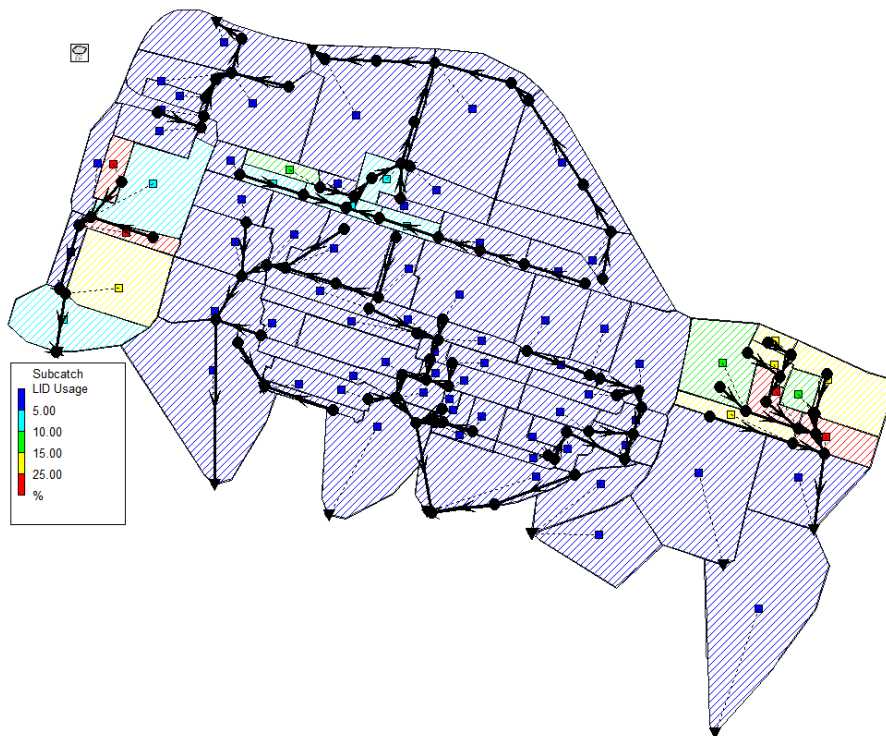


Irudia 56: Infiltrazio putzuaren zeharkako profila

6.2. HIRI-DRAINATZE SISTEMA JASANGARRIEN KOKAPENA

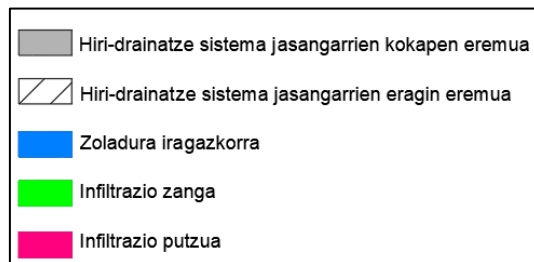
Aurreko atalean zehaztu diren hiri-drainatze sistema jasangarriak Campusean zehar kokatu dira, euri-uren sarearen beharretara egokituz. Aukera ezberdinak aztertu ondoren, 58. irudian emandako arroetan kokatu dira hiri-drainatze sistemak. Koloreek arro bakoitzean SUDS-ek hartzen duten azalera portzentaia adierazten dute.

Oro har, behar gehien izan dituzten zonaldeak Campusaren mendebaldekoa eta ekialdekoa izan dira, hau da, Arte Ederren fakultate ingurua eta polikiroldegiko ingurua. Bitartean, beste aplikazio eremu batzuk ere egon dira, baina aurreko biekin konparatuz, simple eta urriagoak.

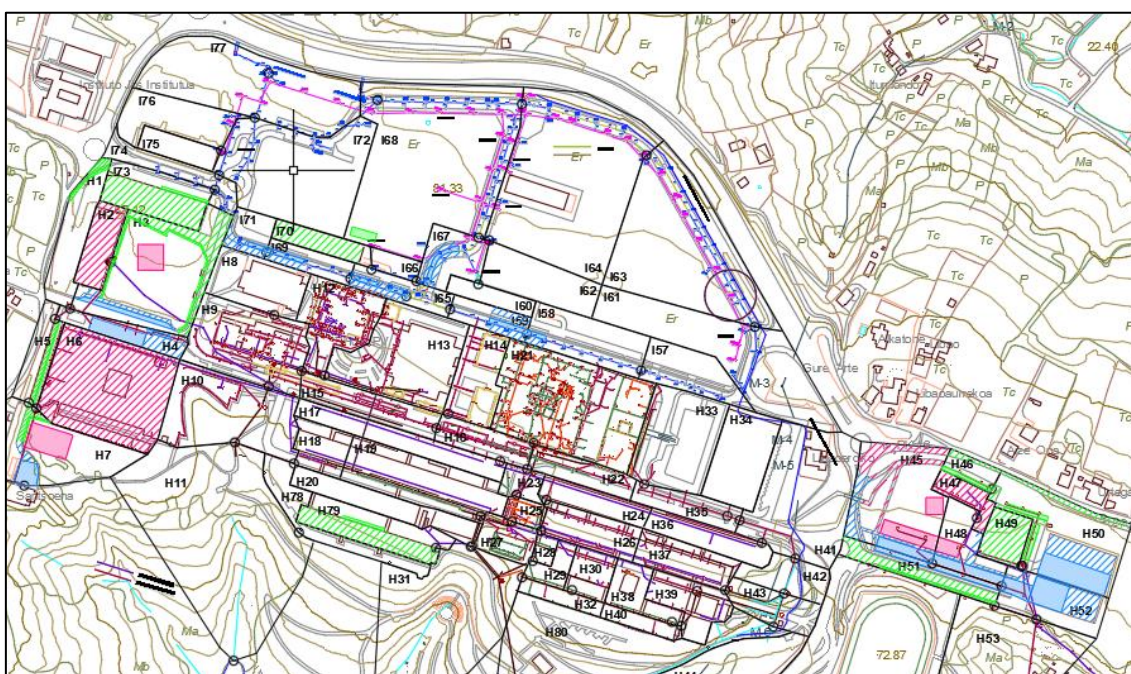


Irudia 57: Hiri-drainatze sistema jasangarrien arro bakoizteko erabilera ehunekotan

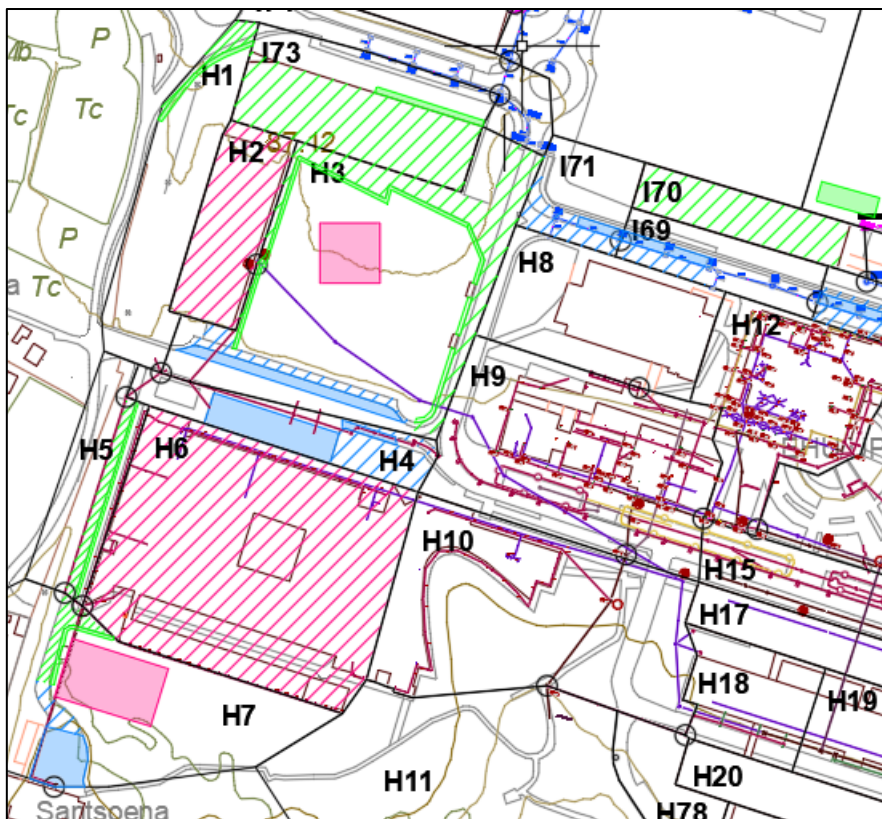
Leioako Campusak, guztira, 951000 m² inguru ditu eta proposatutako hiri-drainatze sistema jasangarriek azalera horretatik 17307 m² hartzen dute, azalera guztiaren %2 inguru. Hurrengo irudietan Gradu Amaierako Lan honek proposatzen dituen soluzioen kokapenak agertzen dira. Horrez gain, hiri-drainatze sistema jasangarri bakoitzak bere gain hartzen duen eremua ere adierazita ageri da.



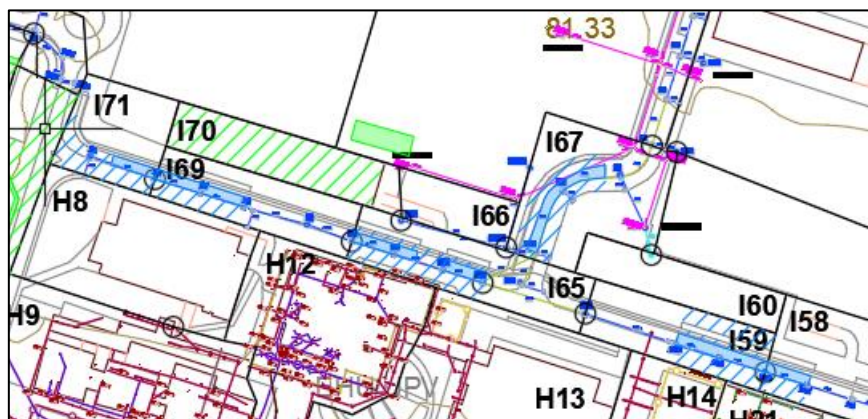
Irudia 58: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapenaren legenda



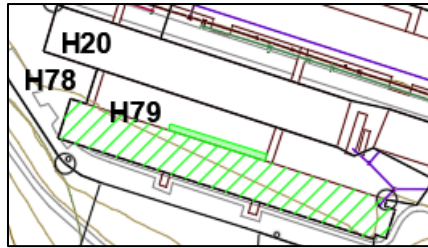
Irudia 59: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena



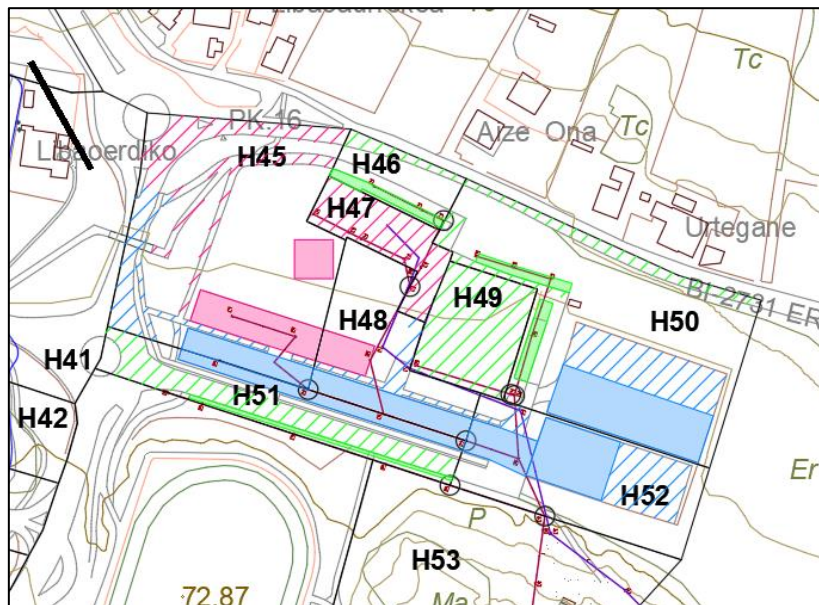
Irudia 60: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Arte Ederren fakultate ingurua)



Irudia 61: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Berrikuntza institutu eta enpresen ingurua)



Irudia 62: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Zientzia fakultate ingurua)



Irudia 63: Hiri-drainatze sistema jasangarrien kokapena (Polikiroldegi ingurua)

6.3 DISEINURAKO IRIZPIDEAK

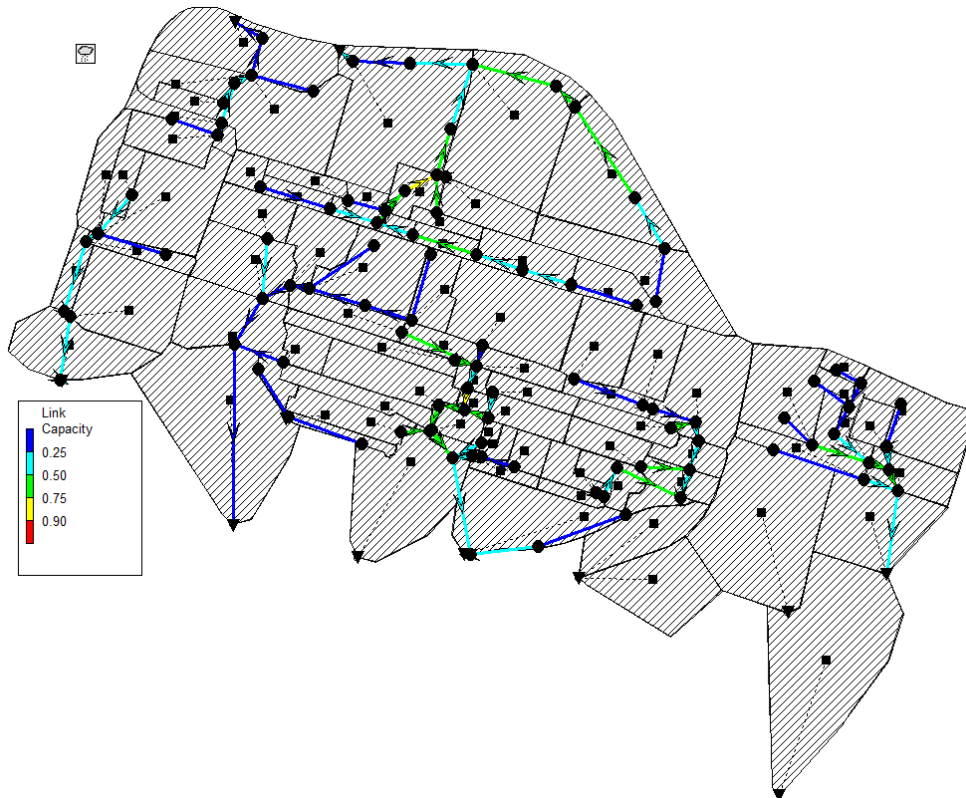
Proposatutako soluzioek ezarritako helburuak bete behar dituzte. Helburu nagusia, aurreko ataletan aipatu den bezala, hodian gehienezko gaitasuna %90-ekoa izatea da. Irizpide honekin etorkizunean aldaketa klimatikoak areagotutako euriari aurre egin ahal izatea bermatzen da, segurtasun tarte bat izanik, %10-ekoa hain zuzen ere.

Hasierako bigarren helburu nagusia ekaitza hasi eta 48 ordu igaro ostean, hiri-drainatze sistema jasangarrien biltegiak guztiz hutsik geratzea zen; baina irizpidea albo batera utzi da. Izan ere, lurzorua infiltrazio gaitasuna oso txikia da, 1 mm/h, eta beraz, lurrak ez du hainbeste ur xurgatzeko eta infiltratzeko gaitasunik hain denbora gutxian. Segurtasuna bermatzeko eta biltegiak gainezka egiten ez dutela bermatzeko, drainatze hodia gehitu zaie biltegiei. Gainera, egiaztatu da biltegiatuta geratzen den ura ez dela drainatze hodiaren

mailara heltzen; honek ziurtasun gehiago ematen dio proposatutako soluzio multzoari. VI. eranskinean datuak zehaztasunez emanak daude.

6.4. PROPOSATURIKO ALTERNATIBAREN EZAUGARRIAK

Aurreko bi puntuetan, 6.1 eta 6.2, proposatutako soluzioen definizioa eta kokapena zehaztu dira. Soluzioaren azterketarekin bukatzeko, emaitzak xehetasunez aztertzea beharrezkoa da. Hasteko, behin hiri-drainatze sistema jasangarri guztiak dagokion moduan modeloan sartuta daudela, berriro ekin zaio simulazioari. Aurretik 40. irudian hutsegiteak identifikatu diren une berarekin konparaketa egin da eta hurrengo irudian ikus daitekeenez, jada ez dago eremu gorririk; hau da, hoditeria guztia dago bere gaitasunaren %90-etik behera daude. Arroen eta hoditeriaren inguruko informazio gehiago VI. eranskinean zehaztuta dago, non bolumen murrizketa, egondako infiltrazioa eta orduka hodiedan dagoen ur bolumena ageri den.

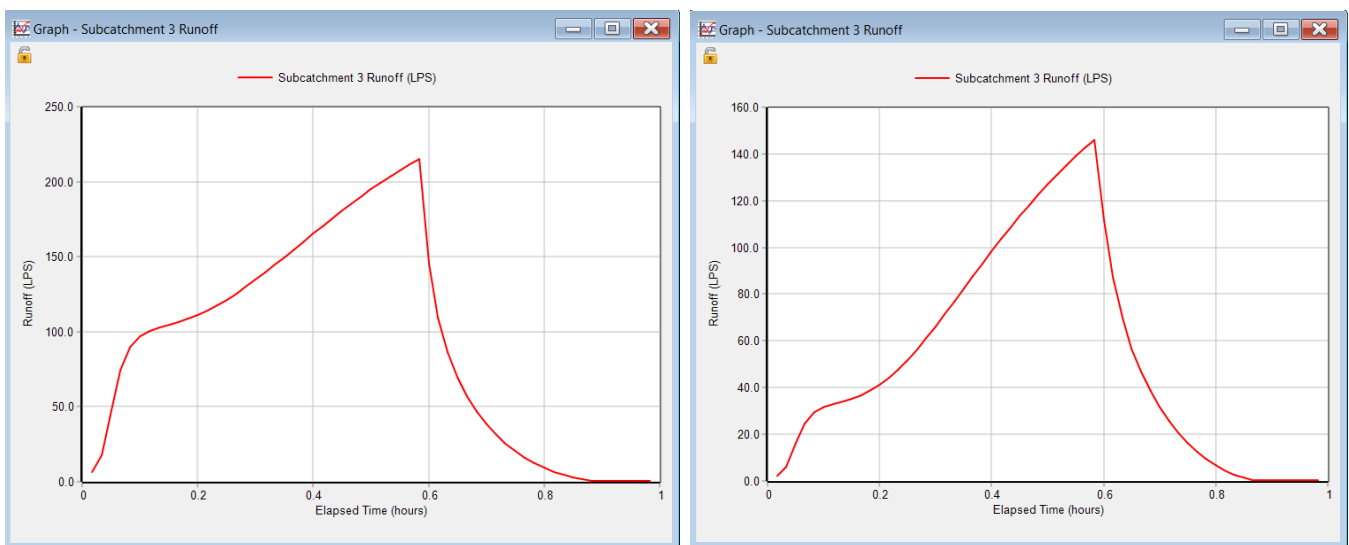


Irudia 64: Simulazioaren emaitzak 00:22 minutuan, SUDSak kontuan hartuta

Beste alde batetik, egiaztatu nahi izan da aplikatu diren hiri-drainatze sistema jasangarrien biltegitratze gaitasuna. Hasiera batean beste irizpide nagusietako bat, ekaitza hasi eta 48 ordutara biltegiak guztiz hustea zen; era horretan hurrengo ekaitza etortzean bermatuta geratzen da sareak aurre egin ahalko diola. Baina baztertu egin da lurraren infiltrazio gaitasuna

txikia dela ikusita, 1 mm/h , eta beraz, ez da gai biltegiako ura infiltratzeko soilik 48 ordutan. Badaezpada biltegi guztiei gehitu zaie drainatze hodi bat, biltegiaren goiko partetik 50 mm-tara gutxi gorabehera, ur gehiegi biltzekotan bertatik bideratzeko. Beste ekaitz bat egotekotan, beraz, sareak eutsi ahalko dio ezarri zaion drainatze-sistemarekin gainezka egin aurretik.

Aztertu da bolumen murrizketa handia eman dela eta kasu askotan biltegiatan gorde den ura ez dela heltzen drainatze hodira. Gordeta geratzen den ur-bolumena onargarrizat hartu da, izan ere biltegia hutsik geratzea ez delako helburu nagusia. Hala ere, ur kantitatearen murrizketa handia ematen da, kudeatu ahal izateko moduan. VI. eranskinean ikus daitezke datuak zehaztasunez. Adibide konkretu bat aipatzekotan, aurreko puntuan komentatutako 3. arroaren datu batzuk aipa daitezke



Irudia 65: Simulazioaren gainazaleko isurketak 3. arroan; ezkerrean hasierako egoera, eskuman SUDSekin

Irudian ikus daitekeenez, 3. arroan gainazaleko isurketaren murrizketa bat egon da. Egungo egoeran 210 bat litro segundoko isurtzen ditu, baina proposatutako soluzioak erabiliz gero, aldiz, 145 litro segundoko; hau da, 65 l/s –ko murrizketa dago bi egoeren artean. Arro bakoitzeko egoera aztertuz gero, eta egungo egoerarekin konparatuta, beharrezkoa izan den arroetan bolumen murrizketa nahikoa lortu da. Horrela hodiekin gainezka egin ez dezaten eta hauen gaitasuna tarte seguru batean mantentzea lortu da, helburu nagusia betez.

7. EXEKUZIO LANA

Proposaturiko soluzioak aurrera eramateko eraikuntza prozedura batzuk ematea beharrezkoa da. Aurretiazko lanei dagokienez, ezinbestekoa da zuinetaren bidez ondo prestatzea eremua, egindako planoetatik exekuziora errorerik egon ez dadin. Eremua prest dagoenean (makineria prest, eremua dagokion moduan seinaleztatuta, etab.), hondeaketa lanekin has daiteke.

Campusean lurzoruaren inguruan egindako aurretiazko azterketen emaitzei erreparatu, nahikoa da hondeamakinarekin hondeaketa lana burutzeko, hau da, hondeaketa mekanikoa.

Infiltrazio zangen eta putzuen kasuan, lurra erauziko da hondeaketa mekanikoren bidez planoko dimentsionaketa neurriak jarraituz. Legarra eta hartxintxarrarekin beteko da eta PVC-ko drainatze hodia kokatuko da zanga edo putzua guztiz bete aurretik, aipatutako sakonerarekin. Infiltrazio zanga edo putzua aplikatu den eremuari erabilera bat eman nahiko balitzaio, aparkalekua edo berdegunea esaterako, lurrarekin edo dagokion betelanarekin estali beharko litzateke, eta aurreko materialarekin kontaktuan ez egoteko geotextila gehitu beharko litzaioke. Hala ere, badago aukera infiltrazio zangak begi bistan uztekoa ere. Obra hauen mantentze lan nagusiak hauek dira: noizbehinka berrikusi behar dira oztopoak sortu ez direla bermatzeko, sedimentuak kendu behar dira eta material iragazleak kendu eta garbitu behar dira.

Zoladura iragazkorren eraikitze prozedurari dagokionez berriz, aurretiazko eginkizunak eta hondeaketa lanak egiteko jarraibideak berdin berdin bete behar dira; kasu honetan aldatzen dena betetze lana da. Biltegia legarraz betea dago eta dagokion lekuan PVC-ko hodia jarri behar da urak gainezka egin ez dezan. Ondoren, lurra gehitzen da, hare partikula finez osatuta. Azkenik zoladura jartzen da, non asfaltoa eta harri materialak izaten diren ohikoenak. Geruza bakoitzaren artean geotextila jartzea gomendatzen da, materialen artean nahasketarik ez egoteko. Gainera, materiala gehitzean garrantzitsua da trinkoketa ondo egitea, geroko erabilera segurua eta ona izan dadin bermatzeko. Mantentze lanak gainazal iragazkorraren araberakoak dira, baina jarraibide orokor batzuk daude, adibidez, maiz ekortzea eta geruza sakonagoetatik kentzen diren elementuek (hidrokarburoak edo metal astunak esaterako) tratamendu berezia jarraitu behar izatea.

Oro har, eraikitze prozedura eta kostuak ez dira teknikoki zailak eta erabili beharreko makineria eta tresneria arrunta da, ez dago makina berezien beharrik. Beraz, ondorioztatu daiteke, eraikitze prozedurari dagokionez, proposatutako soluzioak egingarriak ere badirela.

8. AURREKONTUA

Azterlana osatze aldera aurrekontu xume bat egin da, gutxi gorabeherako kostearen ideia bat egin ahal izateko. Horretarako, Extremadurako Gobernuko eraikuntzako prezioen datu basearen araberako datu eta balioak hartu dira kontuan ikerketa Bizkaian egin den arren eta, beraz, Eusko Jaurlaritzaren eraginpean egon beharko lukeen arren. Euskal Autonomia Erkidegoko eraikuntzako prezioen datu basea kontsultatzeko, ordea, erregistro bat egitea ezinbestekoa da. Gauzak horrela, Extremadurako datuak erabili dira, estimazio moduan.

Aurrekontuaren kalkulurako beharrezkoak dira obra exekuzioaren iraupena eta landu beharreko azalera eta bolumenak. Dimentsioei erreparatzen bazaie, hauek dira balio estimatuak:

Taula 4: Infiltrazio zangaren parametroak

	Luzera (m)	Azalera (m ²)	Bolumena (m ³)
Infiltrazio zangak	991	2658	6087
Infiltrazio putzuak	193	4365	9996
Zoladura iragazkorak	932	10284	4113
TOTALA	2116	17307	20196

Betelanei dagokienez, drainatze sistemak estalita egotea nahi izatekotan beste erabilera bat emateko eremuari, hurrengo balio estimatuak lortu dira:

Taula 5: Infiltrazio zangaren parametroak

	Betelanaren bolumena (m ³)	Zoladuraren bolumena (m ³)
Infiltrazio zangak	4518	-
Infiltrazio putzuak	7420	-
Zoladura iragazkorak	514	823
TOTALA	12452	823

Materialaren kalkulua egiteko biltegiak hurrengo eran betetzen direla suposatu da: bolumen totalaren herena hartxintzarrez (6732 m³) eta bi heren legarrez (13464 m³). Bestalde, betelana kendutako lurrarekin betetzen dela suposatu da, eta bolumen horren herena hartu da kontuan hare kantitatea kalkulatzeko (4151 m³).

Iraupenari dagokionez, 4 asteko lana behar dela suposatu da, abuztuko hilabetean egiteko ideiarekin, Campusean mugimendu gutxien dagoen hilabetea baita; astero 5 egunez eta egun bakoitzean 8 orduz. Beraz, guztira 160 ordu.

Taula 6: Aurrekontuaren kalkulua

Kodea	Unitatea	Deskribapena	Kantitatea	€/unitate	Prezioa €
Makineria					
M05EC020	h	Katedun atzerakako hondeamakina (135 CV)	3	54,98	26390,4
M05PC020	h	Katedun pala zamatzailea (130 CV/1,8 m ³)	3	50,15	24072
M05ZC020	h	Zanga makina (175 CV)	1	84,11	13457,6
M06MI120	h	Pikatzeko mailu pneumatiko manuala (9 kg)	1	1,06	169,6
M07AC010	h	Dunperra (1500 kg)	3	3,07	1473,6
M08RV010	h	Trinkoketa makina pneumatiko automatikoa	1	46,29	7406,4

Langileak					
O01A010	h	Arduraduna	1	14,2	2272
O01A020	h	Langileburua	1	13,62	2179,2
O01A030	h	Lehen ofiziala	2	13,42	4294,4
O01A060	h	Espezializatutako langilea	5	12,91	10328
O01A090	h	Langile arrunta	10	12,77	20432
Hodiak					
P02RV040	m	PVC-ko drainatze hodiak (100 mm)	2116	1,86	3935,76
Isolatzaileak					
P06BG010	m2	Polipropileno zko geotextila (105 gr/m2)	17307	0,98	16960,86
Materiala					
P01AG060	m3	Hartxintzarra (20/40 mm)	6732	11,2	75398,4
P01AG150	m3	Legarra (20/40 mm)	13464	11,99	161433
P01AA060	m3	Harea (2/6 mm)	4151	14,43	59898,93
P01SM020	m3	Arroka blokea	823	35,28	29035,44
TOTALEAN					459137,59

Taulan ondoriozta daitekeenez, ikerketa lanean proposaturiko exekuzio lanak 460000 € inguruko kostua suposatzen du. Leioako Campusak, guztira, 951000 m² inguru ditu eta proposatutako hiri-drainatze sistema jasangarriek azalera horretatik 17307 m² hartzen dute. Beraz, 26,53 €/m², metro karratuko balioa du proiektuak.

9. ONDORIOAK

Aipatu den bezala, Gradu Amaierako Lan honen helburua ikerketa lan bat burutzea izan da, hiri-drainatze sistema jasangarrien aplikazioa aztertzeko Leioako Campusean euri-uren kudeaketa bolumena murriztua izan dadin. Egungo egoeraren azterketa egin ostean, argi geratu da soluzioen beharra dagoela ikerketa eremuan, arazoak sortzen diren puntuak identifikatu baitira. Arazoen aurrean proposatutako soluzioen emaitza zehatzei erreparatur, ikerketaren emaitzak positiboak direla ondoriozta daiteke, murriztea lortu baita diseinuko euriak duen joera sarearen gainezkatzeak eragoteko.

Hasieran ezarritako helburu nagusiaren arabera, egungo hoditeriaren gaitasunak %90-era murriztua egon behar zuen proposatutako soluzioen aplikazioaren ostean, eta lortu egin da; kasu baten baino gehiagotan gaitasuna asko murriztuz, VI. eranskinean konproba daitekeen bezala. Aitzitik, ez da lortu hiri-drainatzeen biltegiak guztiz hustea denbora konkretu bat igaro ostean eta horren aurrean hustubide bat ezarri da biltegiek gainezka egin ez dezaten. Gainera, azterketa ekonomiko xume bat egin da proiektuak suposatuko lukeen kostuaren estimazio bat egiteko; soluzioak merkeak eta egingarriak dira, gehienak hondeaketa lan txikiak dira, eta materiala, oro har, eskuragarria eta ez oso garestia da.

Interesgarria litzateke Gradu Amaierako Lan honen jarraipen gisa proposatutako soluzioen optimizazio lana burutzea, aurkeztutako proiektua abiapuntutzat hartuz eta iradoki diren hiri-drainatze sistema jasangarrien hobetze lanetan zentratuz.

Laburbilduz, esan daiteke azterketan lanaren hasierako helburu nagusiak bete egin direla eta egingarriak eta funtzionalak diren alternatibak landu direla. Gainera, ekarpena egiten dio hiri eredu jasangarrien komunitateari, uraren kudeaketa eta erabileraren teknika jasangarriak era praktikoa batean ezagutarazteaz gain.

10. ARAUDIA

Egun, hiri-drainatze sistema jasangarriak geroz eta ezagunagoak eta erabiliagoak diren arren, estatu mailan oraindik ere ez dago hauen aplikazioa babestu duen lege-esparrurik; ezta uraren kudeaketaren arloan onartutako irizpide espezifikoak betearazteaz arduratuko den erakunderik ere ez. Antzeko egoera ematen da Europa mailan. Espainiar estatuan hiri-drainatze sistema jasangarrien inguruan hurrengo arautegia nabarmendu daiteke, taula gisa adierazita.

Taula 7: Espainiako arautegia eta gidak

<u>Izenburua</u>	<u>Erakundea</u>	<u>Esparrua</u>	<u>Edukia</u>
Directiva Marco del Agua (DMA)	Eurpoar Batasuneko Parlamentua: 2000/60/CE direktiba (62/2003 legearen bidez Espainiako lege-esparrura egindako transposizioa)	Uretako ekosistemak babestea eta hobetzea.	Aplikazio-eremua, ezartzeko estrategia bateratua.
		Uraren erabilera jasangarriak sustatzea.	
		Ur ingurunea babestea eta hobetzea.	
		Lurpeko uren kutsadura murriztea.	
Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HS)	Espainiako Gobernua: 314/2006 Errege Dekretua	Ura berrerabiltzea etxeko eta egoitzako erabilerarako, eremu publiko zein pribatuan.	Etxeko erabilerarako euri-ura berrerabiltzeko instalazioei buruzko gomendioak.
Guía Técnica de Aprovechamiento de Agua en Cataluña	Kataluniako Generalitateko Lurralde eta Jasangarritasun Saila. Kataluniako Ur Agentzia (ACA)	Ura berrerabiltzea etxeko eta egoitzako erabilera pribaturako eta publikorako.	Katalunia, Espainia eta Autonomia Erkidegoko udalerrien eta euri-uren biltegien dimentsionaketa, uren aprobetxamenduari

			buruzko ordenantzarekin.
Instrucciones Técnicas para Obras Hidráulicas en Galicia (ITOHG-SAN-1/4)	Ingurumen, Lurralde eta Azpiegitura Saila. Galiziako Urak. EPOSH	Batez ere, hiri-drainatzea. Era berean, edozein motatako lurzoruetarako gomendioak jasotzen ditu (merkataritzakoak, industriakoak, errepideak, etab.).	Aplikazio-eremua, SUDS tipologia.
Ordenanza de la Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid (ANM 2006\50)	Madrileko Udaletxea	Batez ere, hiri-drainatzea. Etxebizitzarako, industriarako eta merkataritzarako; eremu publikoan zein etxe erabileran.	Euri-urak kudeatzeko neurriak hirigintza-plangintzan eta hiri-garapen berrian.
Guía para el Desarrollo Sostenible de los Proyectos de Urbanización	Sprilur	Batez ere, hiri-drainatzea. Era berean, edozein motatako lurzoruetarako gomendioak jasotzen ditu (merkataritzakoak, industriakoak).	Neurriaren deskribapena, aplikazio-eremua, ohar teknikoak eta inplikazioak, ingurumen-inpaktua, kuantifikazioa eta betetzen dela egiaztatzeko betekizunak.
Real Decreto de Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación	Espainiako Gobernua: 903/2010	Ibaiek, mediko uholdeek eta gainerako ur-korronte jarraitu edo aldizkakoek gainezka egiteak eragindako uholdeak, bai eta itsasoak kostaldean eragindako uholdeak eta ibaien eta itsasoaren baterako ekintzak trantsizio-eremuetan eragindakoak ere.	Uholdeak jatorrian kudeatzeari buruzko erreferentziak, hala nola 11. eta 12. artikuluetan uholde arriskua kudeatzeko planetan jasotakoak.
Proyecto de Real Decreto de modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y de las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas	Espainiako Gobernua: 849/1986 eta 509/1996 Dekretuak aldatu eta bateratzeko Errege Dekretuaren Proiektua	Estatu mailako lege honek jarraibide orokorrak eman nahi ditu Jabari Publiko Hidraulikoarekin eta hiriko hondakin-uren tratamenduarekin zerikusia duten gaiei buruz, jariatze-urak barne.	849/1986 Errege Dekretuaren aldaketaren barruan, jardunbide egokiak erabiltzeko eskatzen duten atal zehatzak sartzen dira, hala nola 10. eta 11. puntuetan jasotakoak.
			35. puntuan isurketa-baimenak eta horren inguruko eskumenak aipatzen dira.
			41. puntua euriteetan

			saneamendu-sistemek gainezka egiteari buruzkoa da, arreta berezia jarritz 1., 2. eta 3. azpiataletan eta 45. puntuan.
--	--	--	---

Nazioartera salto eginez gero, Estatu Batuak, Erresuma Batua eta Australia bezalako beste herrialde batzuetan erreferentziazko erakundeak aurki daitezke: EPA estatubatuarra, CALTRANS kaliforniarra edo CIRIA britainiarra, adibidez. Baliabide hidrikoen kudeaketari dagokion guztia administratzeaz arduratzen diren erakundeak dira, beharrezko materiala emanez eta estatu mailako araudietan ezarritakoa betetzen dela zainduz.

Kontrara, gurera etorritz, Euskadi mailan ez dago arautegi zehatzik ere ez; jasangarritasuna lantzen duten zenbait lege daude baina aholku eta gida funtzioa betetzera mugatzen dira.

12. BIBLIOGRAFIA

- Abellán, A. (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
- Agency, E. U. (2015). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1*. Cincinnati: Office of Research and Development.
- Agency, U. S. (2016). *Storm Water Management Model Reference Manual. Volume III - Water Quality*. Cincinnati.
- Aldundia, B. F. (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.
- Ecología, G. d. (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)*.
- Ecología, G. d. (2019). *Guía 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 Intregada 1 del Área Mixta de Zorrotzaurre. *Anejo N°10. Redes de pluviales y fecales*. en
- 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, C. y. (d.g.). *Capítulo 6. Infiltración*.
http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%206.pdf helbidetik eskuratua

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). Obtenido de Textura del suelo: http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

GeoEuskadi. (d.g.). GeoEuskadi: <https://www.geo.euskadi.eus/zer-da-geoEuskadi/s69-geocont/eu/helbidetik-eskuratua>

IDOM. (2012). Estudio geológico-geotécnico de un aparcamiento en el Campus de Leioa de la UPV/EHU (Bizkaia). Leioa.

MA Dugi, M. A. (1994). *Hidrología: Ciclo Hidrológico, el agua atmosférica: humedad y precipitación.*

Madrid, A. d. (2018). Guía Básica de Diseño de Sistemas de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales en Zonas Verdes y otros Espacios Libres.

Sara Perales, D. I. (2019). *Tipología de las técnicas SUDS. Jornadas. Retos de la gestión de aguas pluviales mediante sistemas de drenaje urbano sostenible.*

Unibertsitatea, E. H. (d.g.). Irakurgaia: 2030 Agenda eta Garapen Iraunkorrerako Helburuak.

Unibertsitatea, E. H. (d.g.). *UPV/EHU - Euskal Herriko Unibertsitatea.* Iraunkortasuna eta Gizarte Konpromisoa: <https://www.ehu.eus/eu/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab-proiektuak-helbidetik-eskuratua>

13. ERANSKINAK

I. Eranskina. Planoak

II. Eranskina. Azterketa geologikoa

III. Eranskina. Hiri-drainatze sistema jasagarriak

IV. Eranskina. Storm Water Management Model

V. Eranskina. Egungo modeloaren definizioa

VI. Eranskina. Simulazioaren emaitzak

