

Estalki putzudunaren abantaila jasangarriak

(Sustainable advantages of roof pond)

Ramon Ugalde¹, Katrin Santín², Urtza Uriarte³, Jose Miguel Campillo-Robles^{2*}

¹ Historia irakasle jubilatua

² Zientzia eta Teknologia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea, Euskal Herria

³ Departamento de Arquitectura, Euskal Herriko Unibertsitatea EHU/UPV

LABURPENA: Estalki putzuduna klima lehorreko herrialdeetan erabili ohi da. Horregatik, ez da kasualitatea estalki horren inguruko ikerketa garrantzitsuenak Indian, AEBn eta Israelen eginak izatea. Hala ere, pasa den mendean, estalki putzuduna asko hedatu zen Euskal Herriko eraikinetan, gehienbat ingurune industrialetan. Gaur egun, ordea, ia ez da erabiltzen. Zergatik erabili zen hainbeste estalki putzuduna gure herrialdean, hain hezea izanik? Artikulu honetan, galdera horri erantzuten saiatu gara, estalki putzudunaren ezaugarriak, abantailak eta arazoak jorratuz. Hasteko, estalkien hainbat sailkapen aurkezten ditugu, estalki putzudunaren ezaugarriak hobeto ulertzeko. Estalki putzudunaren historia laburki lantzen dugu, Euskal Herriko —eta, bereziki, Arrasateko— adibideetan jarriz arreta. Estalki putzudunak abantaila garrantzitsuak ditu eraikinaren ku-deaketa termiko pasibo hobetzeko. Alde batetik, eraikinaren inertzia eta isolamendu termikoa areagotu egiten dira, barruko bizi-giroa hobetuz. Beste aldetik, eraikina hoztu edo berotu egin daiteke, estalki putzuduna erabiltzen duten hainbat metodoz baliatuz. Estalki putzudunak bestelako abantailak ere eskaintzen ditu, hala nola jasangarria dela eta ikuspegi ekologiko-tik onurak besterik ez dituela. Eta, noski, desabantaila batzuk ere baditu: zikinkeria pila daiteke, mantentze-lana eskatzen du eta eraikinaren egiturak sendoagoa izan behar du, uraren zama jasateko. Amaitzeko, nazioarteko hainbat adibide aurkezten ditugu, estalki putzudunaren gaur egungo erabilerak ezagutarazteko. Laburbilduz, arazo batzuk baditu ere, estalki putzuduna interesgarria da oraindik, eta gaur egungo eraikinetan eta Euskal Herriko eraikin batzuetan onuragarria izan liteke.

HITZ GAKOAK: estalkia, ura, isolamendu termikoa, hozte erradiatiboa, lurruntze-hozketa, karbono neutroaren diseinua, diseinu pasibo.

ABSTRACT: *Roof pond is commonly used in countries with dry climates. As a result, it is not strange that the most important research on this subject has been performed in India, the USA and Israel. However, in the last century, roof pond was widely used in buildings in the Basque Country, mainly in industrial environments. Today, nevertheless, it is hardly used. Why roof pond was so much used in a wet country like ours? In this article, we have tried to answer this question by addressing the characteristics, advantages and problems of roof pond. To begin with, we present several classifications of roofs to better understand the characteristics of the roof pond. We briefly cover the history of roof pond, focusing on examples from the Basque Country (especially from Arrasate). Roof pond has important advantages in improving the passive thermal management of the building. On the one hand, the inertia and thermal insulation of the building is increased improving the living environment inside. On the other hand, the building can be cooled or heated using a variety of methods that use a roof pond. Roof pond also offers other advantages, such as being sustainable and having benefits from an ecological point of view. And, of course, it also has some disadvantages: dirt can accumulate, it needs maintenance, and the structure of the building needs to be stronger to pick up the water load. To conclude, we present several international examples to shed light on current uses of roof pond. In short, although it has some problems, roof pond is still interesting in today's buildings and could be beneficial in some buildings in the Basque Country.*

KEYWORDS: *roof, water, thermal insulation, radiative cooling, evaporative cooling, carbon-neutral design, passive design.*

* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Jose Miguel Campillo-Robles. Fisika Saila, Zientzia eta Teknologia Fakultatea. – joxemi.campillo@ehu.eus – https://orcid.org/0000-0002-2565-6343.

Nola aipatu / How to cite: Ugalde, Ramon; Santín, Katrin; Uriarte, Urtza; Campillo-Robles, Jose Miguel (2022). «Estalki putzudunaren abantaila jasangarriak», *Ekaia*, ale berezia 2022, 151-172. (https://doi.org/10.1387/ekaia.23041).

Jasotze-data: 2021, irailak 2; Onartze-data: 2022, urtarrilak 13

ISSN 0214-9001 - eISSN 2444-3255 / © 2022 UPV/EHU



Lan hau Creative Commons Aitortu-EzKomertziala-LanEratorririkGabe 4.0 Nazioartekoa lizentzia baten mende dago

1. SARRERA

1983an, Nazio Batuen Erakundeak Aldaketarako Agenda Globala aztertzeko eta garatzeko komisioa sortu zuen. 1987an, Brundtland-en zuzendaritzapean, komisioak ondorioen txostena aurkeztu zuen [1]. Bertan, garapen jasangarriaren lehenengo definizioa azaldu zen, labur eta zehatz: «Garapen jasangarriak gaur egungo beharrak asetzen ditu, etorkizuneko belaunaldien beharrak kaltetu gabe». Zalantzarik gabe, garapen jasangarria ekonomia zirkularrarekin loturik dago. Izan ere, edozein prozesu jasangarritan, hondakinak prozesuko lehengai bilakatzea komeni da. Gainera, garapen jasangarriak lotura du ekonomia ekologikoarekin ere, ezinezkoa delako naturan ditugun baliabide finituekin etengabeko hazkundea gauzatzea [2].

Arkitektura edo eraikuntza jasangarria diseinu arkitektonikoa ulertzeko modu bat da, gaur egun beharrezkoa dena. Izan ere, munduko energia-konsumoaren % 35-40 inguru eta munduko berotegi-efektuko gas-isuriaren % 35 inguru eraikinekin lotuta daude zuzenean [3]. Baliabide naturalak eta eraikuntza-sistemak optimizatu nahi ditu, eraikinek ingurumenean eta bertako biztanleriarengan duten ingurumen-inpaktua minimizatzen. Bestalde, energia-efizientzia sustatzea du helburu, eraikinek alferrikako energia-gasturik ez sortzeko, beren inguru hurbileko baliabideak era egokian aprobetxatzeko, eta ingurumenean ahalik eta eragin txikiena izateko.

Testuinguru global honetan, eraikin jasangarrien beharra gero eta agerikoagoa da. Horrelako eraikinen ingurumen-eragina beraien bizi-ziklo osoan zehar hartzen da kontuan, eraikuntzatik hasi, erabilerarekin jarraitu eta, azkenik, eraisketara arte. Hori guztia eraikin horietan bizi diren pertsonen erosotasun- eta osasun-printzipioak ahaztu gabe, noski. Hala ere, eraikin jasangarria ez da kontzeptu berria, aspaldiko aitzindariak baititu. Adibidez, antzinako garaietan erabiltzen zen eguzki-arkitektura aipa daiteke, baliabide energetikoen urritasunari loturik zegoena. Izatez, herri-arkitekturak beti erabili ditu kontzeptu bioklimatikoak ingurune fisikoari egokitzeko eta ongizatea lortzeko. Adibidez, 1930 eta 1940 artean, George F. Keck arkitekto estatubatuarrek eguzki-arkitektura arkitektura garaikidearekin uzartzeko saiakerak egin zituen [4].

Azken urteetan, joera eta kontzeptu hauek guztiak zientifikoki aztertzeko jakintza-arlo berriak azaltzen ari dira. Adibidez, 2010ean, Eraikin-Ingeniaritzako Fisika diziplina berria proposatu zen Royal Academy of Engineering (RAEng) delakoaren txosten batean. Eraikin-Ingeniaritzako Fisikak diziplinarteko izaera du, eta, beste batzuen artean, gai hauek lantzen ditu: airearen mugimendua, efizientzia termikoa, hezetasunaren kontrola, inguruneke energiaren kudeaketa, akustika, argia, klima eta biologia. Diziplina berri horren agerpenak ikuspegi experimental edo enpirikoa gainditzen lagunduko du, iragarpen teorikoen zehaztasuna handitzeko. Eraikin-

Ingeniaritzako Fisika zuzenki loturik dago zero karbono estandarrekin eta efizientzia energetikoarekin. 2014an, Hiriko Fisika diziplina azaldu zen, garapen hauek guztiak hiri-eskalara hedatuz [5, 6]. Izatez, eraikin gehienen kanpo-ingurunea hiria da.

a)



b)

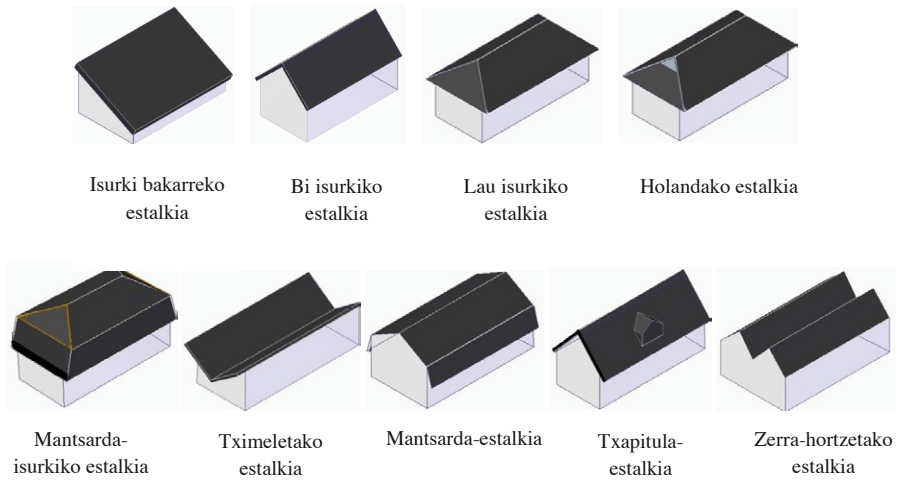


1. irudia. Estalki putzudunak: a) 1962an eraikitako ARGA burdinola (Arrasate) eta b) Euskalduna ontziolako dikearen ponpen eraikina, gaur egun zutik geratzen den eraikin bakarra (Bilbo).

Hogeigarren mendean zehar, Euskal Herriko hainbat lekutan eraiki ziren estalki putzudunak, bereziki eskualde industrialetan (ikus 1. irudia) [7]. Estalki putzuduna eraikuntza jasagarriarekin lot daiteke zuzenean. Izatez, eraikinaren efizientzia termikoa hobetzen du, bereziki inertzia termikoagatik. Pasiboki, eraikinaren kudeaketa energetikoan laguntzen du. Zoritxarrez, estalki putzudunaren aplikazioa ez da asko ezagutzen [3], eta etorkizunean lan gehiago egin beharko da horren ezarpenari buruzko onurak hobeto ulertzeko. Beraz, estalki putzuduna ezagutaraztea da artikulu honen helburu nagusia. Jarraian, estalki putzudunaren abantailak eta desabantailak aztertuko ditugu. Amaieran, gaur egungo egoera kontuan hartuz, estalki putzudunaren etorkizunerako aplikagarritasuna aztertuko dugu.

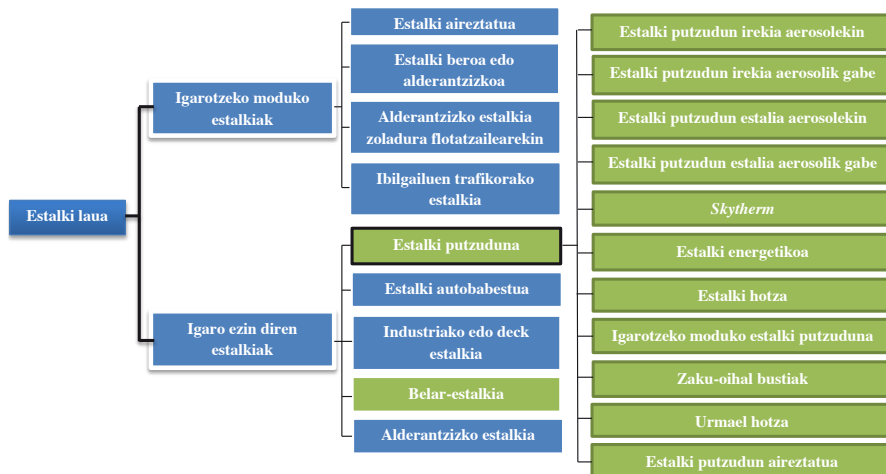
2. ESTALKIAK

Estalkiak goiko aldetik ixten du eraikinaren egitura, eta babes-funtzioa dauka kanpoko hainbat elementuren aurrean, hala nola euria, elurra, eguzki-erradiazioa, haizea eta bat-bateko tenperatura-aldaketak. Historian zehar, mota askotako formetan eraiki dira estalkiak, irizpide klimatiko, tekniko, ekonomiko edo estetikoaren arabera. Eraikinaren estalkiak bi multzo nagusitan sailka daitezke, inklinazioaren arabera:



2. irudia. Estalki inklinatu erabilienak [8].

— **Estalki inklinatua.** Estalkiaren inklinazioa % 5 baino handiagoa denean [9], inklinatua dela esaten da. Euskal Herriko klima euritsua dela eta (Araba eta Nafarroaren hegoaldea salbu), hori da gaur egun estalki erabiliena. Estalki inklinatu gehienak teilekin estaltzen dira, eta, horregatik, *teillatu* deitzen zaie (hortaz, *teillatu* hitza ez da egokia estalki guztiak izendatzeko). Estalki inklinatuak isurki kopuruaren arabera sailka daitezke, baina erabil daitezke bestelako irizpiderik ere (ikus 2. irudia).



3. irudia. Estalki lauen sailkapena [9, 10]. Estalki jasangarriak berdez adierazi dira.

- **Estalki laua.** Estalkiaren inklinazioa % 5en eta % 1en artean dagoeanean, laua dela esaten da [9]. Inklinazioa % 1 baino handiagoa izan behar da ura kanporatzeko, eta % 5 baino txikiagoa estalkiaren gainean ibili ahal izateko. Mota honetako estalkien sailkapena funtzioaren arabera egiten da (ikus 3. irudia). Adibidez, igarotzeko moduko estalkia babestuta egoten da, pertsonen edo ibilgailuen igarotzea jasateko. Aldiz, igaro ezin diren estalkiek ez dute babes hori izaten, eta mantentze-lanak egiteko soilik ibil daiteke estalkiaren gainean.

Hasieran, espazio erabilgarri gehiago izatearen beharrari erantzuteko sortu ziren estalki lauak. Industriaurreko gizartean, adibidez, aleak edo arropa lehortzeko edota terraza bezala erabili ziren, bereziki klima lehorretan. Bi mundu-gerren artean, Mugimendu Modernoa (Bauhaus, Le Corbusier, eta abar) estalki laua defendatzen hasi zen. Le Corbusierrek, arkitekturen Mugimendu Modernoaren sortzaileak, estalki lauaren apologia egin zuen: «Zeruaren edo izarren eta eraikinaren artean, teilak edo arbel puska baino gauza politagoak jarri behar dira» [11]. Horrela, estalki lauak batik bat hogeigarren mendean zehar izan zuen benetako garapena. Material eta teknika berrien agerpenari esker, bidea eman zitzaien iragazgaizte jarraituko sistemei, eta horren ondorioz estalki lauak era errazean eraiki eta mantentzeko. Estalki putzuduna estalki lau mota bat da (ikus 3. irudia), zeinak gainean ur-geruza bat duen. Ur-geruza horrek jasangarritasun-ezaugarriak ematen dizkio estalkiari.

3. HISTORIA PIXKA BAT

Estalki putzuduna gehienbat hogeigarren mendean zehar garatu eta erabili zen, estalki laua bezala. Hala ere, estalki jasangarrien jatorria askoz lehenagokoa da.

3.1. Estalki jasangarria

Estalki jasangarria ez da asmakizun berria. Izan ere, historian zehar ohikoa izan da estalki jasangarriak erabiltzea. Ezagutzen den lehenengo estalki jasangarria belar-estalkia da [12]. Izatez, naturatik erraz lortzen den material jasangarria da belarra, eta, lur-geruzarekin batera, isolamendu termiko ezin hobea ematen du. Belar-estalkiak erabiltzea antzinako ohitura nordikoa da. Brontze Aroko (duela 3.000 urte) horrelako egitura batzuk ikusgai daude oraindik ere. Gainera, Norvegiako eta Islandiako hainbat lekutan oraindik ere erabiltzen dira belar-estalkiak (ikus 4. a) irudia). Askotan aipatzen den estalki jasangarriaren antzinako beste adibide bat Mesopotamiako zibilizazioan zegoen: Babiloniako lorategi esekiak (K.a. 500. urtea). Antzinako munduko Zazpi Mirarietako bat ziren.

a)



b)



4. irudia. a) Gaur egungo belar-estalkidun etxeak (Norvegia). b) Belar-estalkidun estetika (Bilboko Hezkuntza Fakultatea, UPV/EHU, Leioa).

Hogeigarren mendearen 60ko hamarkadan, hirietako bizi-kalitatearen degradazioaren eta eremu berdeen gainbeheraren inguruko kezken ondorioz, Ipar Europan areagotu egin zen estalki jasagarrien erabilera. Gasteizen, adibidez, Europa Jauregiaren estalkiaren zati bat belar-estalkia da; gurean, hala ere, ez da oso ohikoa. Nolanahi ere, belar-estalkien estetika oso erakargarria da, jasagarritasunaren irudiarekin loturik dagoelako. Horregatik, batzuetan plastikozko «belar-estalkiak» erabiltzen dira eraikinak estaltzeko (ikus 4. b) irudia).

3.2. Estalki putzuduna

Estalki putzudunaren jatorria ezezaguna da, eta bere abiapuntuaren inguruan ere ez dago adostasunik ikerketen artean. Izatez, 1920ko hamarkadan, estalki putzudunen inguruko behaketa batzuk egin zituzten Texaseko Unibertsitatean [13]; hori dela eta, ikertzaile batzuek garai hartan kokatzen dute jatorria [14, 10]. Hala ere, beste ikertzaile batzuek 1960ko hamarkadaren bukaeran kokatzen dute jatorria, Harold Hay-k eta bere kolaboratzaileek estalki putzudunaren inguruko azterketa sakonagoak abiatu zituztenean [3]. Egia esateko, 1920 eta 1960 artean, bestelako ikerketak ere burutu ziren gai honen inguruan [15], eta ondoren ere bai [16-20]. Azken urteotako argitalpenek erakusten dute komunitate zientifikoan oraindik ere badagoela estalki putzudunaren inguruko interesa.

Euskal Herrian, hogeigarren mendearen erdialdean gailendu zen estalki putzudunaren erabilera eraikuntzan. Eskualde industrialetan asko zabaldu zen; adibidez, Deba bailaran. Gehienbat industria-jarduerarako eraikinetan jarri zen estalki putzuduna. Baina erabili izan da bestelako eraikinetan ere, hala nola baserrietan, etxeetan, frontoietan, ikuztegietan, laborategietan, ur-biltegietan eta zinema-aretoetan. Hortaz, ezin da esan jarduera bakar batekin loturik zegoela. Arrasaten, esaterako, hogeigarren mendean zehar estalki putzuduna zeukaten 72 eraikin eraiki zirela zenbatu dugu. Horietatik 29 desagertu egin dira jadanik (ikus 5.a) irudia). Dokumentatu dugun eraikin zaharrena 1933koa da: Patricio Osinaga eraikuntzako enpresariak jasotako Gurea frontoia. Pilotaleku berezia zen, koadro bat gutxiago zeukalako; luzera laburrekoa zen, beraz. 1960ko hamarkadan zinema bihurtu zuten, eta 1987an Arrasateko lehenengo gazte-txea izan zen. Hortik gutxira eraitsi egin zuten, etxeak egiteko.

a)



b)



5. irudia. a) ELMAko eraikinaren estalki putzuduna 2005ean, eraitsi aurretik (Arrasate). b) Muxibar baserriaren estalki putzuduna, gaur egun.

Oraindik ere badiren estalki putzudun batzuk egoera onean daude, baina beste batzuk degradatuta daude. 6. irudian, Arrasaten eraikitako estalki putzudun batzuen zerrenda eta kokapena ageri dira. Zutik dirauten eraikin zaharrenak San Andres auzoan daude: San Andreseko ikuztegia edo *labaderue* (1942) eta Muxibar baserria (1943). Arkitektozik gabeko eraikinak dira biak ere. San Andreseko ikuztegia da zaharrena; 1942an berriztatu zutenean jarri zioten estalki putzuduna. Obra horretan Pedro Altuna aritu zen lanean, Estrada baserriko hargin-igeltseroa. Oso trebea zen bere ogibidean, eta horren lekuko dugu ikuztegi hau. Urteak pasatu diren arren, eta inongo mantentze-lanik egin ez badiote ere, nahiko egoera onean dago. Beste adibide interesgarri bat Muxibar baserria da (ikus 5. b) irudia). Baserria erre ondoren, 1943an hormigoizko estalkiz babestea erabaki zuten. Kasu horretan ere ez zen aritu arkitektozik, baina bai igeltsero trebe bat: Bruno Ugalde, Arbizelai baserrikoa. Igeltsero hori Donostia inguruan ibili zen eraikuntza-lanetan, eta baliteke han ikasi izana estalki putzudunen teknika. San Andres auzoko gizon-emakumeen laguntzarekin eraiki zen estalki putzudun hau, auzolanean. Bestalde, beranduen eraiki zutenetariko bat Danona garajearena da, 1978an egin baitzuten. Eraikinaren gaur egungo jabeak oro har pozik daude estalkiarekin, eraiki zutenez geroztik ia ez dutelako itoginekin arazorik eduki.



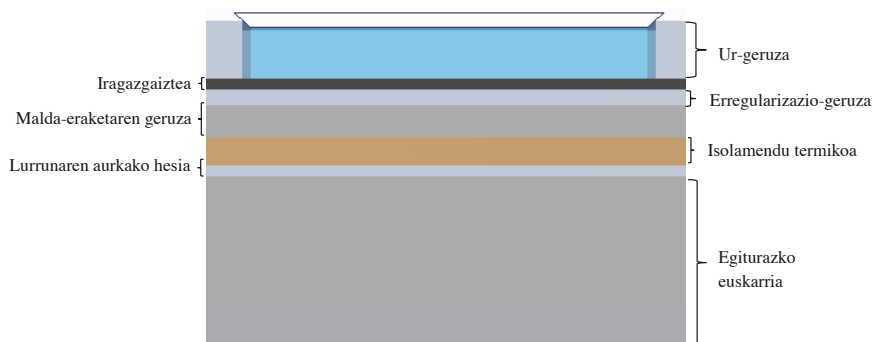
1. Gurea frontoia (1933)
2. San Andreseko ikuztegia edo *labaderue* (1942)
3. Muxibar baserria (1943)
4. Zalduspe eraikin-multzoa (1950eko hamarkadan)
5. ARGA burdindegia (1962)
6. Amat lantegia (1962)
7. Iraola lantegia (1962)
8. San Josepe aroztegia (1962)
9. Altuna Garay y Cia. (1967)
10. Legarre pabiloia (1968)
11. Danona garajea (1978)

6. irudia. Arrasateko estalki putzudun batzuen kokapena 1981-86 bitartean [21]. Parentesi artean eraikuntza-data dago adierazita.

4. ESTALKI PUTZUDUNEN ERAIKUNTZA

Estalki putzuduna ezin da edonola eraiki, eraikinean itoginak sortu daitezkeelako. Arrasate inguruko hasierako estalki putzudunetan, porlan gehiago botatzen zuten hormigoia prestatzerakoan, urarekiko iragazgaitasuna lortzeko, eta masa sakatzen zuten airea kentzeko. Adibidez, Arrasateko San Josepe aroztegian 1962an eraiki zuten estalki putzuduna, eta ordutik ez dute itoginik izan. Badakigu geroago hormigoia hidrofugoa erabili izan dela. Egia esateko, eraikin hauetan guztietan, eraikina hondatuta egonda ere, ez dago itoginik. Ondo exekutatuak diren estalkiak dira, beraz.

Gaur egun, ordea, material desberdinak erabiltzen dira estalki putzudunak eraikitzeko, araudi teknikoak eta eraikinaren betebeharrak bete daitezzen. 7. irudiak ohiko eraikuntza-egitura erakusten digu [9, 22]:



7. irudia. Estalki putzudunaren ohiko eraikuntza-egitura.

- **Egituraren euskarria.** Estalkia sostengatzen duen oinarria da egituraren euskarria. Haren funtzioa estalkiaren pisua eta erabileraren ondorioz sortutako bestelako gainzamak eustea da. Normalean hormigoia armatuzkoa izaten da, baina beste materialez ere egin daiteke, hala nola metalez edo egurrez.
- **Lurrunaren aurkako hesia.** Bere funtzioa barruko ur-lurrunaren igarobidea eragoztekoa da. Horrela, estalkiaren geruza desberdinak babesten ditu, geruzak hondatzea eta patologiak agertzea ekidinez. Batez ere geruza iragazgaitza eta isolamendu termikoa babesten ditu.
- **Isolamendu termikoa.** Geruza hau kanpoaldearen eta barnealdearen arteko bero-transmisioa kontrolatzeko erabiltzen da. Horrela, barrualdeko tenperatura ia konstante mantenduko da. Geruza honen lodiera eskualdeko klimaren arabera izango da. Estrusiozko poliesterenoko geruzak erabiltzen dira gehienbat.
- **Malda-eraketaren geruza.** Geruza honek malda txikia izaten du estalki putzudunetan. Malda hori ura kanporatzeko erabiliko da, man-

tentze-lanak egin behar direnean. Geruza hau egiteko erabiltzen diren materialak ez dira oso astunak izaten, egituraren euskarriak jasaten duen pisua ez dadin gehiegizkoa izan.

- **Erregularizazio-geruza.** Ezarritako geruzen irregulartasunak esaltzeko erabiltzen da. Haren funtzioa gainazal lau eta erregularrak lortzea da. Horrela, gainean dauden geruzak hondatzea saihesten da, hala nola geruza iragazgaitza.
- **Iragazgaitza.** Iragazgaitzak garrantzi handia du estalki putzudunetan. Izan ere, iragazgaitzak ez du ura pasatzen uzten. Normalean, xafla bituminosoak edo sintetikoak erabiltzen dira. Ur-geruzak eguzki-erradiatziotik babesten du geruza iragazgaitza, eta, gainera, uraren pisuari esker, xurgapenak ekiditen dira.
- **Ur-geruza.** Sistema eraginkorra izan dadin, ur-geruzaren altuerak gutxienez 30 cm-koa izan behar du [3].

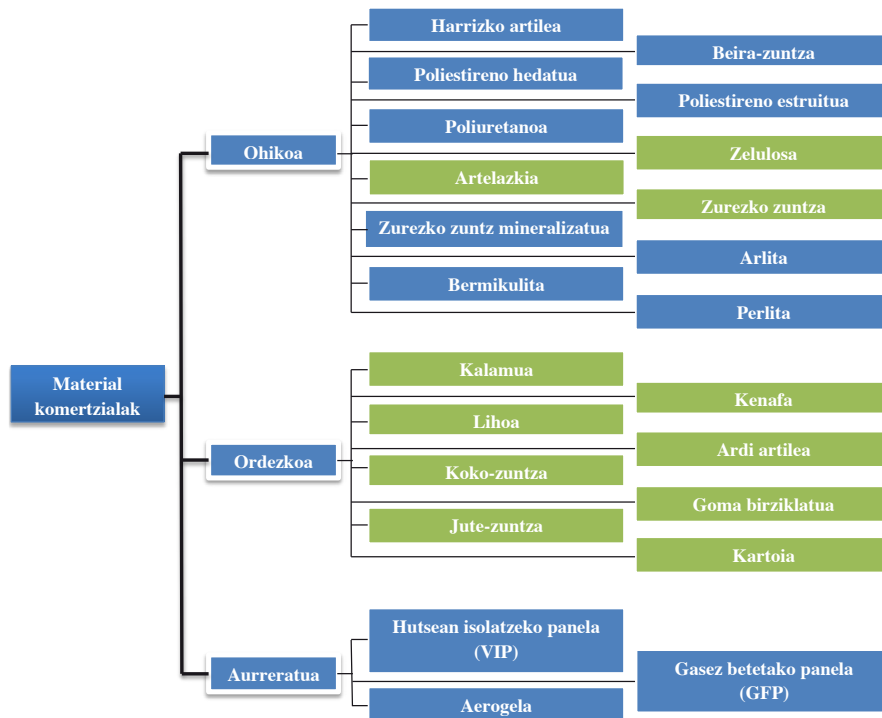
5. FUNTZIONALITATEA

Berez, estalki putzuduna tropikoetan edo eskualde lehorretan erabili ohi da gehienbat, estalki lauaren bi arazo garrantzitsu murrizteko: alde batetik, atmosferako agenteekiko esposizioa, eta, bestetik, transmitantzia termiko handia. Izatez, estalkiak jasotzen duen energiaren % 10-95 xurgatzen du (estalkiaren errelektibitatearen arabera), eta bero modura transmititzen du eraikinera [23]. Hala ere, ikusi dugunez, klimak ez du bere erabilera mugatu. Kontua da: zergatik izan du estalki mota honek horrelako hedadura Euskal Herrian? Galdera horri erantzuteko, estalki horren funtzioak zeintzuk diren aztertu behar dugu. Berez, estalki putzudunaren abantaila garrantzitsuena eraikinaren kudeaketa termiko pasiboarekin dago lotuta. Izan ere, literaturan, estalki putzudunaren bidezko 19 hozte- eta 4 berotze-mekanismoa daude azalduta [3].

5.1. Inertzia termikoa

Ura oso material berezia da, bizitzarako funtsezkoa delako eta bere ezaugarriek anomalia asko dituztelako [24]. Izatez, urak ezaugarri termiko onak ditu eraikuntzarako (ikus 1. taula). Alde batetik, eroankortasun termiko txikia dauka, isolatzaile termiko ona baita. Horri esker, eraikinaren estalkitik barrurantzko/kanporantzko bero-fluxuak murriztu egiten dira. Beste aldetik, bero(-ahalmen) espezifikoko handiko materiala da ura. Hau da, energia asko xurga/aska dezake tenperatura-aldaketa nabarmenik eduki gabe. Bi ezaugarri horiek direla eta, eraikinak inertzia termiko handia lor dezake estalki putzudunari esker. Horrela, eraikinaren barne-espazioen tenperatura kanpokoa baino astiroago aldatzen da, eta oszilazio txikiagoak izaten ditu. Arrasateko eraikinaren erabiltzaileek baieztatu digute aldaketa

termikoen aurrean uraren inertziak ingurune erosoan sortzen duela eraikina-
ren barruan, lanerako edota bizitzeko.



8. irudia. Komertzialki eskuragarriak diren material isolatzaileen sailka-
pena [25]. Jatorri jasangarriko isolatzaileak berdez daude adierazita.

1. taula. Eraikuntza-materialen propietate termikoak [25-27]. Lodiera balioidea 10 cm-ko urak ematen duen isolamendu termiko berdina lortzeko behar dugun lodiera da.

Materiala	Dentsitatea (kg/m ³)	Eroankortasun termikoa (W/mK)	Bero espezifikoa (kJ/kg K)	Lodiera balioidea (cm)	Oharrak
Ura (25 °C)	997	0,607	4,180	—	Jasangarria Naturatik eratorria
Airea (1 atm, 25 °C)	1,184	0,02551	1,007	0,42	Jasangarria Naturatik eratorria
Adreilua, buztin erregogorra	1.920	0,90	0,79	14,80	Jasangarria Naturatik eratorria
Harria	2.300	1,8	1,0	29,70	Jasangarria Naturatik eratorria
Hormigoia, harri-nahasketa	2.300	1,4	0,880	23,10	Jasangarria Naturatik eratorria
Zur gogorrak: astigarra, harritza, etab.	721	0,159	1,26	2,62	Jasangarria Naturatik eratorria
Zur bigunak: izeia, pinua, etab.	513	0,115	1,38	1,89	Jasangarria Naturatik eratorria
Zelulosa	30-80	0,037-0,042	1,3-1,6	0,61-0,69	Jasangarria Paper birziklatutik lortzen da
Artelazkia	110-170	0,037-0,050	1,5-1,7	0,61-0,82	Isolatzailerak akustikoa eta termikoa da Jasangarria
Zurezko zuntza	50-270	0,038-0,050	1,9-2,1	0,63-0,82	Basogintzatik eta zerrategietan sortutako hondakinetatik lortzen da
Harrizko artilea	40-200	0,033-0,040	0,8-1,0	0,54-0,66	Dolomia, basalto eta diabasaz egina
Beira-zuntza	15-75	0,031-0,037	0,9-1,0	0,51-0,61	Harea eta beiraz egina
Aerogela: erroilua, panela	70-150	0,013-0,015	1	0,21-0,25	Eroankortasun termikoa txikitzen da konpresio-operazioen bitartez
Aerogela: granulana	120-180	0,022	—	0,36	Eroankortasun termikoa txikitzen da konpresio-operazioen bitartez
Poliestireno hedatua	15-35	0,031-0,038	1,25	0,51-0,63	Erretzean gas arriak askatzen ditu
Poliestireno estruitua	32-40	0,032-0,037	1,45-1,7	0,53-0,61	Hezetasunak eragin negatiboa dauka eroankortasunean
Poliuretanoa	15-45	0,022-0,040	1,3-1,45	0,36-0,66	

Gaur egungo eraikuntzan, mota askotako material isolatzaileak erabiltzen dira (ikus 8. irudia). Guztiek urak baino eroankortasun termiko txikiagoa dute (ikus 1. taula). Hori dela eta, 10 cm-ko urak sortzen duen isolamendu termiko berdina lortzeko, material horien milimetro gutxi batzuk baino ez genituzke erabili beharko. Horregatik, gaur egun gurean ez da ohikoa ura isolatzaile termiko modura erabiltzea. Baina material isolatzaile horietako gehienek jatorri ez-jasangarria dute, eta, gainera, beraien bero-ahalmena txikiagoa da. Horrez gain, korapilatsua da beren birziklatze-prozesua.

5.2. Hoztea

Estalkitik eraikinaren barruranzko bero-fluxuak murrizteko ohiko estrategiak honako hauek dira: estalki-lodiera handitzea, isolamendu-geruza instalatzea, sabai faltua jartzea, itzalpeko estalkia erabiltzea, estalkia pintura islatzailearekin margotzea edo eguzki-erradiazioarekiko islatzaileak diren geruzak jartzea. Gaur egungo eraikuntzan, Euskal Herrian ez da estalki putzuduna erabiltzen; klima lehorreko lurraldeetan ezartzen da gehienbat [3, 28]. Eraikinaren tenperatura jaisteko, ur-lurrunketa baliatzen da [14, 29]. Izatez, 25 °C-tan, ur kilogramo bakoitzari 2442 kJ (583 kcal) eman behar zaizkio fase-aldaketa hori gertatzeko (uraren lurruntze-bero sorra) [26]. Estalki putzuduneko ura lurruntzean, urmaetik hartzen du energia, eta, horrela, eraikineko barne-tenperatura jaitea lortzen da. Aspertsoreak erabiliz gero, prozesua askoz eraginkorragoa da, ur-tanta txikien lurrunketa erraztu egiten delako. Efektu horretaz baliatuta, klima lehorreko herrialdeetan antzinatik ohikoak dira eraikinaren barruko iturriak, giroa freskatzeko.

5.3. Berotzea

Uraren inertzia termiko handia eraikinaren barne-tenperaturaren fluktuazioak txikitzeko erabil daiteke. Estaldura isolatzaile mugikorrek areagotu egiten ditu estalki putzudunaren abantailak [3]. Sistema horretan, ohiko sisteman bezala, urmaela dago eroankortasun termiko handiko estalki lauaren gainean, eta guztia estaldura isolatzaile mugikorrarekin ixten da (poliestireno, poliuretano, styrofoam, eta abar). Tenperatura altuko urtaroetan (batez ere udan), eguzki-erradiazioak ura berotu ez dezan, egunez estali egiten da urmaela. Gaez, berriz, zabaldu egiten da estaldura isolatzailea, ura hozteko. Sistema horrek, uraren inertzia termikoari esker, murriztu egiten du eguzki-erradiazioen efektua, eta eraikina ez da horrenbeste berotzen.

Temperatura baxuko urtaroetan (neguan batez ere), aurkako prozedura erabiltzen da eraikina berotzeko. Hau da, egunez zabalik mantentzen da estaldura isolatzailea, eta, eguzki-erradiazioen ondorioz, berotu egiten da ura. Gauean, oster, estali egiten da urmaela, galera termikoak gutxitzeko eta urak eraikina berotzeko. Guk dakigula, Euskal Herrian eraiki diren estalki putzudunetan ez da estaldura isolatzailerik erabili.

6. ABANTAILAK

Nahiz eta gaur egun ez diren aintzat hartzen, estalki putzudunek abantaila ugari dituzte. Hurrengo lerroetan garrantzitsuenak laburbilduko ditugu.

6.1. Jasagarritasuna

Ur-geruzak eskaintzen dituen inertzia termikoa eta isolamendu termoakustikoa onak dira, baina gaur egungo materialak askoz eraginkorragoak dira. Hala ere, material moderno horiek gehienetan petroliotik eratorriak izaten dira, eta hainbat arazo sortzen dituzte: toxikotasuna, birziklatze zaila, berrerabilpen eskasa eta abar (ikus 1. taula). Urak, ordea, inpaktu ekologiko txikia dauka, eta Euskal Herrian nonahi dago, zero kilometrokoa baita. Gainera, estalki putzudunaren erabilerak ez du energia-kontsumo handirik ekartzen. Hortaz, estalki putzudunean ura erabiltzea guztiz jasangarria dela esan dezakegu.



9. irudia. San Agustin lantegiaren estalki putzuduneko ekosistema (Arrasate).

6.2. Ekosistema

Estalki putzudun batzuetan berezko ekosistema sortu ohi zen. Zenbaitetan arrainak askatzen zituzten, urmaela garbitzeko. Gehienetan, karpak sartzen zituzten, ondo egokitzen direlako oxigeno baxuko uretara. Horrela, saihestu —edo, gutxienez, murriztu— egiten zen algen, eltxoen eta bestelako intsektuen agerpena, eta garbi mantentzen zen urmaela. Gutxi zainduta estalki putzudunetan, ordea, hegazti batzuek habia egiten zuten izkineetan hazten ziren landareetan, hala nola martin arrantzaleak eta buztanikara horiak, eta urmaeleko arrainez elikatzen ziren. Gaur egun, esaterako, Arrasateko San Agustin lantegiaren estalkiak ez du zainketarik jasotzen, eta hainbat landare mota hazi dira bere urmaelean (ikus 9. irudia). Singapurren, adibidez, era honetako eraikinei gaur egun ematen zaien garrantziaren erakusle ditugu 2010-13an eraikitako Chiltern House [30] eta Green Revelation [31] etxeak.

6.3. Bestelako onurak

Arrasate aldeko eraikin industrial batzuetan, estalki putzuduneko ura barruko makinak hozteko erabiltzen zen puntualki. Adibidez, jadanik desagertuta dagoen ARGA enpresak burdineria ekoizten zuen Arrasaten. Deba ibaitik hartzen zuten estalki putzuduna betetzeko ura, eta, behar zutenean, kaldeagailua hozteko erabiltzen zuten estalkiko ur hori. Batzuetan, gainera, komunetako zisternak ere betetzen zituzten ur horrekin.

Eguzkiaren eraginez, eraikinen ohiko estalkia degradatzen/zahartzen joaten da, are gehiago eraikinaren kanpoko tenperaturaren oszilazio periodikoek dilatazioak eta kontrakzioak eragiten badituzte. Horiek kaltegarriak izan daitezke eraikerako. Ur-geruzak babesa ematen dio estalkiari, tenperaturaren oszilazioak ez direlako hain bortitzak izaten.

Ikuspegi arkitektonikotik, estalki putzudunak, eta estalki lauak oro har, eraikinari terraza bat edo beste solairu bat gehitzeko aukera ematen du. Horrek erabileraren aldetik malgutasuna ematen dio estalkiari —enpresa askorentzat interesgarria—, eta ongizatea erabiltzaileari. Hortaz, behar izanez gero, era simple batean berrerabil daiteke eraikinaren espazio hau. Baina berrerabilpen horrek handitu egiten du eraikigarritasuna, eta kontuan hartu beharrekoa da hori, oinarritzko hiri-egitura ez baldintzatzeko. Hori dela eta, udal-arautegi askotan ez da onartzen aldaketa hori.

7. ARAZOAK

Arrasate inguruko eraikinetako hainbat urtetako esperientzian oinarrituz, estalki putzudunaren ohiko arazoak identifikatu ditugu. Arazo horiek jarraian zerrendatuko ditugu:

- **Mantentze-lana.** Estalki putzudunak mantentze-lana eskatzen du. Ur-hornidurak jarraitua izan behar du, lurrunketan galtzen den ura birjartzeko. Hori dela eta, ez da arraroa estalki mota hau iturri edo erreken inguruetan aurkitzea. Muxibar baserriak, adibidez, inguruko iturri bateko ura erabiltzen zuen estalki putzuduna urez hornitzeko (ikus 5. b) irudia). Hala ere, denborarekin alboko errekatik hartzen hasi zen ura, motoponpa bat erabiliz. Izatez, Euskal Herriaren zatirik handienean ez daukagu ur-faltarik, gure klima euritsua delako (hori ez da guztiz egia Araban eta Nafarroaren hegoaldean).
- **Zikinkeria.** Denborarekin, hautsa pilatu eta lokatza sortu ohi da urmalean, eta zikindu egiten da estalki putzuduna. Arrasate inguruko hainbat estalki degradatzen joan dira mantentze-lanen faltagatik, eta zikintasuna pilatu da horietan (adibidez, San Agustin lantegian; ikus 9. irudia). Garai batean, pilatutako lokatza udan kendu eta ortuetan botatzen zen, ongari modura. Askotan, algak eta bestelako zikinkeriak kentzeko, arrainak askatzen zituzten urmaletan. Bestalde, osasun publikoko arazoak sor daitezke ur geldoan, eltxoak eta bestelako animaliak ager daitezkeelako. Arazo hori ere arrainen bitartez konpondu izan da Arrasate inguruko estalkietan.
- **Zama.** Ur-geruza oso pisutsua denez, eraikinaren egiturak (habeak, zutabeak eta abar) gairadimentsionatuta egon behar du, zama hori ondo jasotzeko. Hori ez da arazo handia izan eraikin industrialetan. Gainera, eraikuntza-material merkea da hormigoia.
- **Konponketak.** Neguko tenperatura-aldaketen eraginez, ertzek eta gainek sufritu egiten zuten. Batzuetan, kalte txikiak azaltzen ziren, eta udan konpontzen zituzten halakoak.

8. GAUR EGUNGO ERABILERA

Arestian esan bezala, Euskal Herrian estalki putzuduna eraikin industrialetan erabili izan da gehienbat —ezagutzen dugun etxe bakarrenetarikoa da Muxibar baserria—. Gaur egun, ordea, Euskal Herrian jadanik ez dira eraikitzen estalki putzudunak, baina munduan zehar bai. Azken urteetan eraikitako estalki putzudunen erabilerak askotarikoak dira: etxeak, museoak, igerilekuak, hotelak, eta abar. Hona hemen adibide adierazgarri batzuk:

- **Etxea.** Esan bezala, herrialde lehorretan ohikoa da estalki putzuduna, gehienbat etxeetan. Adibidez, Wallflower Architects estudioak diseinaturiko Water-Cooled House aipa daiteke (Bukit Timah, Singapur) [32]. Bi pisuko etxea da, eta sakonera txikiko urmael ugari ditu. Eraikinaren sarrera nagusia urmaelaren barruko begi baten bidez argizatuta dago. Bigarren solairuan kokatutako urmaelak

estalita daude (ikus 10. A) irudia), etxeko gelen temperatura erregulatzeko. Beste adibide bat Four Seasons hotela da, Ayung ibai sakratuaren alboan eraikia (Sayan, Bali) [33]. John Heah arkitektoak diseinaturiko hotela mundu osoan da ezaguna, eta guztiz integratuta dago paradisu tropikalean.

- **Igerilekua.** Estalki putzuduna igerileku modura erabil daiteke. Adibidez, 2013an eraikitako Marmoka Etxearen (Marbella, Espainia) [34] urmaelaren urak 60.000 kg-ko pisua dauka (ikus 10. b) irudia). Amsterdamgo Wiel Arets Architects estudioak diseinaturikoa da. Gainera, diseinuagatik, estalki putzudunak argitasuna ematen die eraikinaren barne-espazioei. Igerileku-erabilera hori asko zabaldu da azken urteotan: Moshe Safdie arkitektoaren Marina Bay Sands eraikin-multzoa (2010, Singapur) [35], Guedes Cruz arkitektoen The Wall House (2013, Lisboa, Portugal) [36], eta abar.

a)



b)



10. irudia. a) Water-Cooled House delakoaren aerosolik gabeko estalki putzudun estalia [32]. b) Marmoka Etxearen estalki putzuduna igerileku modura erabiltzen da (argazkia: Jan Bitter® [37]).

- **Beste erabilera batzuk.** Bestelako eraikinetan ere erabiltzen da estalki putzuduna. Adibidez, Pilar eta Joan Miró Fundazioaren erai-

kina aipa daiteke (Palma, Herrialde Katalanak) [38]. Rafael Moneo arkitektoaren eraikin hau 1992. urtean inauguratu zen. Eraikina bi elementu arkitektonikotan banatzen da. Izar-formako eraikinak estalki putzudun motako estalkia dauka.

9. ONDORIOAK

Estalki putzuduna klima lehorretan oso onuragarria den arren, Euskal Herrian ere asko erabili izan da, gehienbat eskualde industrialetan. Arrasate aldeko zenbait eraikin baliatu ditugu adibide modura, baina Euskal Herriko beste herri eta hiri batzuetan ere badira egoera onean dauden hainbat. Mota askotako eraikinetan erabili izan da estalki putzuduna, baina batik bat eraikin industrialetan. Gaur egun, estalki putzuduna ia ez da erabiltzen Euskal Herrian, eta nazioartean aurkitu ditugun adibideetan bizitegi-eraikinetan erabiltzen da gehienbat.

Estalki putzudunak abantaila interesgarriak eskaintzen ditu eraikinaren kudeaketa termiko pasiborako; izan ere, uraren ezaugarri termiko onak direla eta, handitu egiten da eraikinaren inertzia termikoa. Horrela, leundu egiten dira kanpoko oszilazio termikoak, eta eraikinaren barruko tenperaturak bizi-giro atsegina eskaintzen du.

Estalki mota hau jasangarria da, erabiltzen dituen produktuen ezaugarriengatik, elementu garrantzitsuena ura baita. Ura zuzenean jasotzen dugu naturatik, eta inolako kutsadurarik gabe eta kostu ekonomiko txikiarekin itzul dezakegu naturara, ingurunean inolako kalterik eragin gabe. Horretaz gain, mikroekosistema bat sortzen da urmaelaren inguruan, eta hori aberasgarria da ingurunerako.

Arazo txikirik ere sortzen du estalki putzudunaren erabilerak. Alde batetik, eraikinaren egitura gairik gabeko erabilera egin behar da, urmaelaren zama jaso ahal izateko. Bestetik, estalki mota honek mantentze-lana behar du. Hala ere, soluzio errazak dituzte arazo horiek, eta, gainera, ez dituzte estalki putzudunek eskaintzen dituzten onurak estaltzen.

Laburbilduz, azken hamarkadetan gure inguruan asko gutxitu da estalki putzudunaren erabilera. Hala ere, aukera interesgarria iruditzen zaigu eraikin modernoetan integratzeko, eskaintzen dituen onurengatik.

10. ESKERRAK

Artikulua osatzeko informazioa hainbat iturritatik eskuratu dugu. Artikuluaren egileetarik bat arrasatearra izateak asko erraztu digu azaldutako adibideen inguruko informazioa lortzea. Egileok, alde batetik, eskerrak

eman nahi dizkiogu Arrasateko Udal Artxiboari. Beste aldetik, aipatutako eraikinekin nolabaiteko lotura duten pertsona eta enpresek informazio baliagarria eskaini digute, eta horiei ere eskerrak eman nahi dizkiegu. Azkenik, artikuluan aipamenik ez duten irudiak egileenak dira.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRUNDTLAND, G.H. eta KHALID, M. 1987. *Our common future*. Oxford University Press. Oxford.
- [2] NAREDO, J.M. 2015. *La economía en evolución: historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*. Siglo XXI de España Editores. Madril.
- [3] SHARIFI, A. eta YAMAGATA, Y. 2015. «Roof ponds as passive heating and cooling systems: A systematic review». *Applied Energy*, **160**, 336-357.
- [4] DENZER, A. 2013. *The solar house: Pioneering sustainable design*. Rizzoli International Publications. New York.
- [5] MOONEN, P., DEFRAEYE, T., DORER, V., BLOCKEN, B. eta CARMELIET, J. 2012. «Urban Physics: Effect of the micro-climate on comfort, health and energy demand». *Frontiers of Architectural Research*, **1**, 197-228.
- [6] BECKERS, B., PICO, T. eta JIMENEZ, S. 2016. «Why Urban Physics and Why in Ecuador». *FICUP-First International Conference on Urban Physics*, United Nations Development Programme.
- [7] UGALDE, R. 2020. «Urarekin arkitektura egiten zenekoa». Eskuragarri: <https://mondraberri.eus/urarekin-arkitektura-egiten-zenekoa-testua-ramon-ugalde/>. (Azken kontsulta: 2022-6-24)
- [8] MOHAJERI, N., ASSOULINE, D., GUIBOUD, B., BILL, A., GUDMUNDSSON, A. eta SCARTEZZINI, J.L. 2018. «A city-scale roof shape classification using machine learning for solar energy applications». *Renewable Energy*, **121**, 81-93.
- [9] MADRID, J.F. 1997. «La cubierta plana». *Tectónica, monografías de arquitectura, tecnología y construcción*, **6**, 12-27.
- [10] SPANAKI, A. 2007. «Comparative studies on different type of roof ponds for cooling purposes: literature review». *2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced ventilation Technologies in the 21st Century*, Crete island.
- [11] CORBUSIER, L. 1986. *Towards a new architecture*. Dover publications. New York.
- [12] ABASS, F., ISMAIL, L.H., WAHAB, I.A. eta ELGADI, A. 2020. «A Review of Green Roof: Definition, History, Evolution and Functions». *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, **713**, 12-48.
- [13] COOK, J. 1985. *Passive cooling*. MIT Press. Londres.
- [14] TIWARI, G.N., KUMAR, A. eta SODHA, M.S. 1982. «Cooling by water evaporation over roof». *Energy Convers. Mgmt.*, **22**, 143-153.

- [15] HOUGHTON, F.C., OLSON, H.T. eta GUTBERLET, C. 1942. «Summer cooling load as affected by heat gain through dry, sprinkled and water-covered roof». *ASHVE Trans.*, **46**, 231.
- [16] YELLOT, J.I. 1966. «Roof cooling with intermittent water sprays». *73rd Annual Meeting, American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*.
- [17] AHMAD, I. 1977. *The roof pool and its influence on the internal thermal environment*. Ph.D. Thesis. University of Queensland.
- [18] AHMAD, I. 1985. «Improving the thermal performance of a roof pond system». *Energy Convers. Mgmt*, **25**, 207-209.
- [19] GIVONI, B. 2011. «Indoor temperature reduction by passive cooling systems». *Solar Energy*, **85**, 1692-1726.
- [20] SPANAKI, A., TSOUTSOS, T. eta KOLOKOTSA, D. 2011. «On the selection and design of the proper roof pond variant for passive cooling purposes». *Renew Sustain Energy Review*, **15**, 3523-3533.
- [21] «Spain's aerial orthophoto viewer in different years». Eskuragarri: <https://www.geamap.com/en/ortofoto-espana> (Azken kontsulta: 2021-09-02).
- [22] ORTIZ, L.L. 2018. «Análisis constructivo de las cubiertas inundadas». *Trabajo final de grado, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura, Universitat Politècnica de València*, Valentzia.
- [23] LUCERO-ÁLVAREZ, J., MARTIN-DOMINGUEZ, I.R., RUBÍN-ZACARÍAS, F., LEDEZMA-GALLEGOS, A. eta ALARCÓN-HERRERA, M.T. 2011. «Experimental comparison of heat flow through concrete roofing flagstones with different coatings». *30th ISES Biennial Solar World Congress 2011, SWC 2011*, Kassel, Alemania.
- [24] MALLAMACE, F., CORSARO, C. eta STANLEY, H.E. 2012. «A singular thermodynamically consistent temperature at the origin of the anomalous behavior of liquid water». *Sci. Rep.*, **2**, 993.
- [25] SCHIAVONI, S., D'ALESSANDRO, F., BIANCHI, F. eta ASDRUBALI, F. 2016. «Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **1**, 988-1011.
- [26] ÇENGEL, Y.A. 2012. Bero- eta masa-transferentzia. *Hurbilketa praktikoa*. Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua, Bilbo.
- [27] GREENSPEC. «Eraikuntzako materialen ezaugarri termikoak». Eskuragarri: <https://www.greenspec.co.uk/building-design/thermal-mass/> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [28] ERELL, E., YANNAS, S. eta MOLINA, J.L. 2006. «Roof Cooling Techniques». *PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva (Suitza).
- [29] YANNAS, S., ERELL, E. eta MOLINA, J.L. 2005. *Roof Cooling Techniques a Design Handbook*. Routledge, Londres.
- [30] WOW ARCHITECTS. «Chiltern House». Eskuragarri: <http://wow.sg/#/projects/chiltern-house> (azken kontsulta: 2021-09-02).

- [31] HYLE ARCHITECTS. «Green Revelation». Eskuragarri: <https://www.hyla.com.sg/projects/green-revelation/#.YQu2hkD9DyR> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [32] WALLFLOWER ARCHITECTS. «Water-cooled house». Eskuragarri: <https://laptrinhx.com/water-cooled-house-in-singapore-by-wallflower-architects-1662631098/> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [33] BALI ARCHITECTS & DESIGNERS ASSOCIATES. «Four Seasons Sayan». Eskuragarri: <https://www.hst-architect.com/projects/four-seasons-sayan/> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [34] WIEL ARETS ARCHITECTS. 2013. «Marmoka-etxea». Eskuragarri: https://www.wielaretsarchitects.com/en/projects/jellyfish_house/ (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [35] «Marina Bay Sands hotela». Eskuragarri: <https://www.marinabaysands.com/> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [36] GUEDES CRUZ ARQUITECTOS. «The Wall House». Eskuragarri: <https://archello.com/es/project/the-wall-house-2> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [37] BITTER, J. «Jan Bitter Photography». Eskuragarri: www.janbitter.de (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [38] «Miró Mallorca». <https://miromallorca.com/es/fundacion/arquitectura/mo-neo/> (azken kontsulta: 2021-09-02).
- [39] RAMACHANDRAN, V.S., PAROLI, R.M., BEAUDOIN, J.J. eta DELGADO, A.H. 2002. *Handbook of Thermal Analysis of Construction Materials*. Noyes Publications, Norwich.
- [40] ELBOROMBALY, H. eta MOLINA-PRIETO, L.F. 2015. «Sustainable development & Eco-Roof». *International Journal of Science and Research*, **4** (10), 1-16.