

UNIBERTSITATE MASTERRA:

**Energia Eraginkortasuna eta Iraunkortasuna
Industrial, Garraioan, Eraikuntzan eta
Hirigintzan**

MASTER AMAIERAKO LANA

**ENERGIA AURREZPENA eta
JASANGARRITASUNA,
IKASTETXEETAN eta EKKLn
ENTSEGUAK EGINEZ**

**Ikaslea
Zuzendaria
Saila
Ikasturtea**

*Iker Ortega
Picallo Pérez, Ana
Ingeniería Energética
2022/2023*

Bilbon, 2022

RESUMEN

El objetivo de este TFM es integrar los conocimientos y prácticas universitarias en el ámbito de la energía en los edificios junto con los estudiantes de secundaria. El objetivo es definir las estrategias energéticas a implementar para fortalecer la relación entre la educación secundaria y los estudios universitarios, mediante un "proyecto piloto" en el centro de secundaria de Deustuko Ikastola, así como promover las vocaciones científicas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en las personas más jóvenes, con especial énfasis en el género femenino. El proyecto lleva a cabo un estudio energético en el centro escolar desarrollado con la colaboración de personal investigador de la universidad y estudiantes de secundaria, así como con personal profesional del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación (LCCE) del Gobierno Vasco. El objetivo es motivar y reforzar las cualidades del alumnado en la enseñanza STEM, con el fin de despertar el interés y la cercanía, así como promover el conocimiento en el tema de la eficiencia energética en los edificios.

La enseñanza técnica recibe especial atención dada la necesidad industrial y social de personas formadas en este campo. Sin embargo, cada vez se matriculan menos personas y la brecha de género sigue siendo importante, tal vez debido a la falta de referentes en estas áreas técnicas e ingenieriles. Por ello, los proyectos STEM propuestos y ejecutados a lo largo de este TFM pretenden acercar a las personas más jóvenes a materias científicas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Vincular al estudiantado de secundaria con estos campos es fundamental para generar interés y motivación de cara a la elección de un futuro profesional y se vean capacitados para ello.

Las actividades principales desarrolladas son las siguientes:

- Análisis del estado actual del consumo de los centros escolares en términos energéticos, así como los proyectos referidos a suscitar las vocaciones STEM.
- Diseño e implementación de charlas divulgativas en centros escolares para motivar el ahorro energético, centrándose en las auditorías energéticas.
- Implementación experimental de ensayos prácticos in-situ en el centro escolar. Tales como:
 - Visita a las instalaciones térmicas del centro y análisis de los componentes;
 - Cálculo de infiltraciones de las aulas por medio de ensayos puerta-ventilador;
 - Ensayos termográficos para analizar puentes térmicos y la distribución de temperaturas;
- Propuesta colectiva del alumnado para desarrollar proyectos para mejorar la eficiencia energética del centro escolar.
- Visita al LCCE para acercarse a la realidad profesional del ámbito de energética en edificación.
- Diseño e implementación de un congreso para el alumnado.

Como conclusión, para el alumnado ha sido muy enriquecedor trabajar con profesionales con conocimientos en eficiencia energética como profesores universitarios, para elaborar propuestas de mejora energética del centro escolar basadas en ensayos de auditorías reales.

Palabras Clave: STEM, capital científico, auditorías energéticas, eficiencia energética.



ABSTRACT

The aim of this Master Final Work (MFW) is to integrate university knowledge and practices in the field of energy in buildings together with high school students. The objective is to define the energy strategies to be implemented to strengthen the relationship between secondary education and university studies, through a "pilot project" in the secondary school of Deustuko Ikastola, as well as to promote scientific vocations in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in younger people, with special emphasis on the female gender. The project carries out an energy study in the school center developed with the collaboration of research staff from the university and high school students, as well as with professional staff from the Laboratory of Building Quality Control (LBQC) of the Basque Government. The objective is to motivate and reinforce the students' qualities in STEM education, in order to awaken interest and closeness, as well as to promote knowledge on the subject of energy efficiency in buildings.

Technical education receives special attention given the industrial and social need for people trained in this field. However, fewer and fewer people are enrolled and the gender gap is still significant, perhaps due to the lack of references in these technical and engineering areas. Therefore, the STEM projects proposed and implemented throughout this MFW aim to bring younger people closer to scientific subjects such as science, technology, engineering and mathematics. Linking high school students with these fields is essential to generate interest and motivation for the choice of a future career and to be trained for it.

The main activities carried out are as follows:

- Analysis of the current state of consumption of schools in terms of energy, as well as projects aimed at encouraging STEM vocations.
- Design and implementation of informative talks in schools to motivate energy saving, focusing on energy audits.
- Experimental implementation of in-situ practical tests in the school center. Such as:
 - Visit to the thermal installations of the center and analysis of the components;
 - Calculation of classroom infiltrations by means of fan-door tests;
 - Thermographic tests to analyze thermal bridges and temperature distribution;
- Collective proposal of the students to develop projects to improve the energy efficiency of the school.
- Visit to the LBQC to get closer to the professional reality of the energy field in building.
- Design and implementation of a conference for students.

In conclusion, it has been very enriching for the students to work with professionals with knowledge in energy efficiency such as university professors, to develop proposals for energy improvement of the school based on real audits tests.

KeyWords: STEM, scientific capital, energy audits, energy efficiency, energy audits, energy efficiency.



LABURPENA

MAL honen helburua da unibertsitateko ezagutzak eta praktikak eraikinen energiaren esparruan integratzea, bigarren hezkuntzako ikasleekin batera. Helburua da bigarren hezkuntzaren eta unibertsitate-ikasketen arteko harremana sendotzeko energia-estrategiak definitzea, Deustuko Ikastolako bigarren hezkuntzako ikastetxean "proiektu pilotu" baten bidez, eta gazteenen artean Zientzia, Teknologia, Ingeniaritza eta Matematikako (STEM) bokazio zientifikoak sustatzea, bereziki emakumeengan. Proiektuak energia-azterketa gauzatzen du ikastetxean, unibertsitateko ikertzaileen eta bigarren hezkuntzako ikasleen laguntzarekin, bai eta Eusko Jaurlaritzako Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategiko (EKKL) profesionalekin ere. Helburua STEM irakaskuntzan ikasleen ezaugarriak motibatzea eta indartzea da, interesa eta hurbiltasuna pizteko eta eraikinen energia-eraginkortasunaren gaiari buruzko ezagutza sustatzeko.

Irakaskuntza teknikoak arreta berezia jasotzen du, arlo horretan trebatutako pertsonen behar industrial eta soziala dela-eta. Hala ere, gero eta pertsona gutxiago matrikulatzen dira, eta genero-aldeak handia izaten jarraitzen du, beharbada arlo tekniko eta ingeniari-erlora horietan erreferenterik ez dagoelako. Horregatik, MAL honetan proposatu eta gauzatutako STEM proiektuek zientzia, teknologia, ingeniari-erlora eta matematika bezalako zientzia-gaietara hurbildu nahi du gazteria. Bigarren hezkuntzako ikaslea eremu horiekin lotzea funtsezkoa da etorkizun profesionala aukeratzeari begira interesa eta motibazioa sortzeko eta horretarako gaitasuna dutela ikusteko.

Hauek dira garatutako jarduerak nagusiak:

- Ikastetxeen energia-konsumoaren egungo egoera aztertzea, baita STEM bokazioak pizteko proiektuak aztertzea ere.
- Ikastetxerako dibulgazio-hitzaldiak diseinatzea eta inplementatzea, energia-aurrezpena motibatzeke, energia-auditoriak ardatz hartuta.
- Saiakuntza praktikoen inplementazio esperimentalak in situ ikastetxean. Adibidez:
 - Zentroko instalazio termikoak bisitatzea eta osagaiak aztertzea;
 - Ikasgeletako infiltrazioak kalkulatzeko ate-haizagailu saiakuntzen bidez;
 - Zubi termikoak eta tenperaturen banaketa aztertzeko saiakuntza termografikoak;
- Ikasleen proposamen kolektiboa lantzea, ikastetxeko energia-eraginkortasuna hobetzeko proiektuak garatuz.
- EKKLra bisita, eraikuntzako energia-erlora errealitate profesionalera hurbiltzeko.
- Ikasleentzako kongresu bat diseinatzea eta inplementatzea.

Ondorio gisa, ikasleentzat oso aberasgarria izan da energia-eraginkortasunaren ezagutzak dituzten profesionalekin lan egitea, unibertsitateko irakasle gisa, ikastetxeko hobekuntza energetikoko proposamenak egiteko, benetako auditoretzen saiakuntzetan oinarrituta.

Hitz gakoak: STEM, kapital zientifikoak, energia-auditoriak, energia-eraginkortasuna.



AURKIBIDEA

1.	SARRERA	9
2.	TESTUINGURUA.....	9
2.1.	Aurrekariak eta gaur egungo egoera	9
2.2.	STEM hezkuntzaren arloko aurrekariak	10
2.3.	Gaur egungo ikastetxeen energia-kontsumoa	11
2.4.	Inguratzailea eta instalazio termikoak.....	14
2.4.1.	Termografia-kamerak	14
2.4.2.	Blower door	16
3.	HELBURUAK ETA LANAREN IRISMENA.....	17
3.1.	Helburu espezifikoak.....	18
3.1.1.	Helburu zientifiko teknikoak	18
3.1.2.	Gizarte helburuak	18
3.1.3.	STEM ezagutzaren helburuak	18
4.	ARTE EGOERAREN ANALISIA.....	19
4.1.	Gaur egungo ikerketak	19
4.2.	Energia-efizientzia eskoletan ikertzen duten lanak.....	19
4.3.	STEM eta hezkuntza jarduerak ikertzen dituzten lanak	21
4.4.	Termografia aplikazioak ikertzen dituzten lanak	22
4.5.	Blower door metodoa aplikatzen duten lanak.....	24
5.	IKERKETA KASUA	25
5.1.	Ikerketa taldeak	25
5.1.1.	ENEDI ikerketa taldea	25
5.1.2.	EIHuyar Fundazioa. STEM Hezkuntza	25
5.2.	Ikaslekoa: inplementazio gunea	26
5.2.1.	Deustuko ikastola	26
5.2.2.	Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategia	26
6.	METODOLOGIA	26
6.1.	Deustuko Ikastolan Saioa	26



6.2.	EKKLan Saioa	27
7.	GAUZAPENA ETA EMAITZAK.....	27
7.1.	Deustuko Ikastolan saioa	27
7.1.1.	Hitzaldi dibulgatiboak	27
7.1.1.	Saiakera esperimentalak. Instalazioen bisita	30
7.1.2.	Saiakera esperimentalak. Blower door	30
7.1.1.	Saiakera esperimentalak. Kamera termografikoa	32
7.2.	EKKLan saioa	34
7.2.1.	EKKL arloen bisita	34
7.2.2.	EKKLn kongresua	36
7.3.	Zientzia Azoka Bilbon	37
8.	ATAZEN DESKRIBAPENA. GANTT DIAGRAMA.....	40
9.	AURREKONTUAREN DESKRIPZIOA	41
9.1.	Barne-orduak	41
9.2.	Gastuak.....	41
10.	ERANSKINA: ZIENTZIA.EUS ALBISTEA	42



IRUDIEN ZERRENDA

1. Irudia: Eskolen urteko energia-kontsumo kWh/m ²	12
2. Irudia: Urteko energia termikoaren kontsumoa kWh/m ²	13
3 Irudia: Urteko kontsumo elektrikoa kWh/m ²	14
4. Irudia: Etxebizitza eraikin bati egindako termografia.....	15
5. Irudia: Espektrro elektromagnetikoa	16
6 Irudia: Hitzaldi dibulгатiboaren lehen 6 diapositibak	28
7 Irudia: Hitzaldi dibulгатiboaren lehen 7-25 diapositibak	29
8 Irudia: Hitzaldi dibulгатiboaren lehen 26-27 diapositibak.....	30
9 Irudia: Eskolako instalazio termikoak.....	30
10 Irudia: Blower Door saiakera Deustuko Ikastolan.....	31
11 Blower door saiakera baten emaitzen adibidea	32
12. Irudia: (a) altzairu herdoilgaitzeko pitzerra zelo gardenarekin eta prezinto beltzarekin. (b) kamera termografikoarekin argazkia (c) emaitzak	32
13. Irudia: Kamera termografikoarekin lanean (a) Gelako zubi termikoa, (b) bero transmisioa konprobatzen.....	33
14 Irudia: Islapena, xurgapena eta trasnmisioa azaltzeko argazkiak	34
15. Irudia: Arlo termikoa (a) inguratzaileentzako materialak, (2) Paslink zelda dinamiko (3) guarded box testa.....	35
16. irudia: Eremu akustiko saileko entsaio gelak	35
17. Irudia: (1) Baldosen entsaio baten emaitza, (2) trakzio entsaioa (3) irristatzeko ahalmena neurtzeko makina	36
18 Irudia: (1) Ikaslegoarekin kongresua EKKLn, (2) lunch-a ikaslegoarekin	36
19 Irudia: zientzia azokako argazki batzuk Bilbon.....	37
20 Irudia: MALaren Gantt diagrama Atazen arabera	40

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO



MEMORIA

1. SARRERA

Egungo gizarteak energia kontsumo handia dauka bere bizi maila eta erosotasuna mantentzeko. Beraz, erronka nagusia garapen iraunkorra da, jarduerak, eraldaketak eta aurrerapenak era sostengarrian gauzatzuz, baliabideak modu zuzenean ustiatuz.

Bestalde, gero eta kezka handiagoa dago ingurumen zaintzarekiko, eta, bereziki, klima-aldaketarekiko. Mundu mailan, gobernuek eta instituzioek berokuntza globala baretzeko konponbideak bilatzen ari dira, Pariseko Ituna, Kyotoko protokoloa, eta abarren bitartez, non, atxikitako herrialdeek, zuzenbide jakin batzuk betetzeko konpromisoa hartzen dituzten, hala nola, energia aurreztuz eta energia-efizientzia sustatuz.

Eraikinen energia-auditoretza neurri horien artean dago eta akatsak diagnostikatzeko eta sistemak kudeatzeko balio du. Horien bitartez energia-erabilera optimiza daiteke, instalazioaren funtzionamendu egokia lortuz.

2. TESTUINGURUA

Atal honetan azaltzen dira Master Amaierako Lan hau burutzeko motibazioa, aurrekariak, eta egungo egoera. Gainera, termografia kamera eta Blower Door saiakerak labur deskribatzen dira.

2.1. Aurrekariak eta gaur egungo egoera

Etxebizitzak eta hirugarren sektoreko zerbitzuen eraikinak, energia kontsumitzaileen artean hirugarren postuan daude, garraio sektorearen eta industria sektorearen atzetik, hirien energia-kontsumoa %29,5 izanik [1]. Horregatik, eraikuntza sektorean energia aurrezteko funtsezkoa da, gizarte iraunkor eta orekatu bat lortzeko. Ez dira harritzekoak, beraz, eraikinen energia-eraginkortasuna aztertzeko eta hobetzeko indarrean dauden ikerketak, bai ikuspegi teorikotik, bai ikuspegi praktikotik ere.

Hala eta guztiz ere, eraikuntza esparruak, hainbat sektore biltzen ditu: arkitektura, ingeniariak, eraikuntzako teknikariak eta gremioak... Hori dela eta, beharrezkoa da ezagutza transmititzea, energia-efizientzia garatzeko pertsonen eta ondasunak kontsumitzen dituztenen artean, energia-erabilera optimizatzeke, ezagutza garatzeko eta komunitate jasangarri bat lortzeko.

Horri dagokionez, EAEko bigarren hezkuntzako kurrikulumak, esplizituki jasotzen du energia-eraginkortasunaren gaia:

- Energiaren kontserbazioa eta degradazioa ikasi behar dituzte, bereziki, Euskal Autonomia Erkidegoko kontsumoa eta energia iturriak.
- Energia-iturri berriztagarriak eta ez-berriztagarriak aztertu eta baloratu behar dituzte, ondorio ekonomikoak kuantifikatzeko.
- Energia lortzeko, garraiatzeko eta erabiltzeko dauden arazoak eta horiek ebazteko estrategiak identifikatu behar dituzte.



- Baita ere aztertu behar dute energia aurreztearen garrantzia eta energiaren zeregina gure bizitzetan.

Beraz, sektoreko eragile guztiak inplikatu behar dira energia era eraginkorrean erabiltzeko. Baina, batez ere, txikitatik prestatu behar da gizartea, modu praktikoan eta didaktikoan, esperientzian oinarritutako ikaskuntza funtsezkoa baita energia behar bezala erabiltzeko eta kapital zientifikoa sortzeko.

Kapital zientifikoa, zientziarekin zerikusia duten baliabide guztien multzoa da. Erresuma Batuko ASPIRES2 proiektuaren arabera, kapital zientifikoa gazteek zientzian dituzten patrioiak eta parte-hartze mailak azaltzeko eta ulertzeko erabil daiteke. Frogatu da, interesak soilik ez duela bokazio zientifiko -teknologikorik areagotzen; aitzitik, bizipenek dutela eragina: ezagutzen ditugun pertsonak eta erreferenteak, famili- ingurunea, STEM praktikan izandako esperientzia arrakastatsuak, aisialdiko ohiturak, gertuko senideen ikasketak edo, azken batean, pertsona batek berarekin daraman zientzia kantitatea. Horrela STEM helburu profesionaletan eragin positiboa izateko, kapital zientifikoa handitu behar da.

2.2. STEM hezkuntzaren arloko aurrekariak

Aurreikusten da, Europak zientzialari eta teknologo gehiago beharko dituela epe laburrean eta ez dela langile kualifikatu nahikorik egongo plaza horiek betetzeko. Horregatik, Europar Batasunaren helburu nagusien artean dago lan merkatuak eskatzen dituen bokazio zientifikoak eta teknologikoak sustatzea, kapital zientifikoa handitzeko. Eurostatek emandako datuen arabera [2]:

- 2017an, Europako 18 milioi zientzialari eta ingeniarien artean, %59 gizonak ziren eta %41 emakumeak.
- Gizonen presentzia askoz ere handiagoa da %83 goi mailako eta maila ertaineko teknologietako fabrikazio industrian, hala ere, zerbitzu-sektorean bi generoen presentzia orekatuagoa da (%55 gizonak eta %45 emakumeak).

Bestalde, etorkizuneko enpleguen %80an STEM gaitasunak beharrezkoak izango dira mundu iraunkor baten erronkei aurre egiteko, eta, gainera, STEMeko profesionalak beharrezkoak izango dira sektore ekonomiko guztietan.

Hala ere, gazteen asmo profesionalei buruz egindako proiektzioak ez dira nahikoa behar horiek betetzeko eta egoera bereziki larria da nesken kasuan, [3]. erreferentziak garatu antzera. Euskadiko egoerari dagokionez, EUSTATEk emandako datuen arabera:

- Hamarkada bateko epean %10 haur gutxiago egongo dira lehen eta bigarren zikloko ikasgeletan.
- Batxilergoko ikasleen %54k prestakuntza zientifiko teknologikoa aukeratzen du.
- Lau urtean %16,6 ikasle gutxiago matrikulatu dira STEM ikasketetan.
- Lanbide Heziketara iristen diren nesken %9k eta unibertsitatera iristen diren %31k bakarrik aukeratzen dute STEM adar bat.
- Azken bi urteetan %56 hasi da Lanbide Heziketatik datozen STEM profilen enpresen eskaera eta %25 unibertsitatetik datozen profilen eskaera.

Alde batetik, gogoratu behar da nerabezaroa garai erabakigarria dela gazteentzat: beren autonomia eta irizpide propioa garatzen hasten dira eta, horregatik, etapa ezin hobea da



gizarte-garapenaren eta energia-jasangarritasunaren gaiak ulertzeko eta horietan sakontzeko. Gazteak arlo teknikoan eta energia-arloan prestatzean, beren lehiakortasuna eta komunitatearekiko lehiakortasuna hobetzen dute.

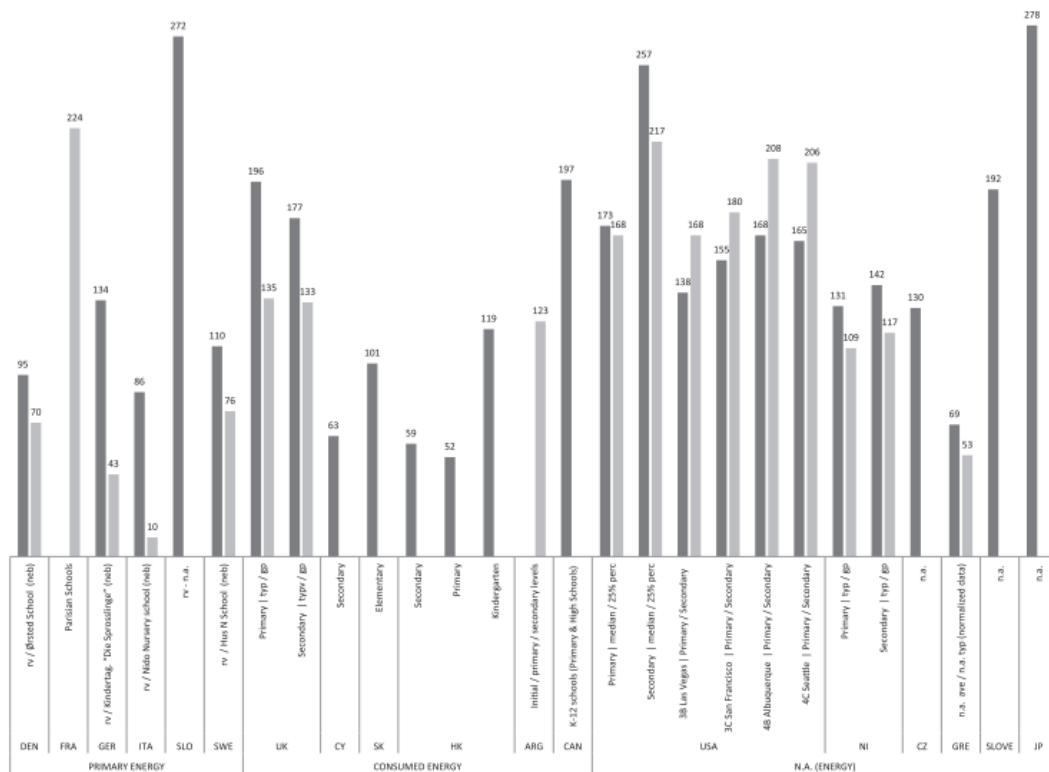
Bestalde, orientazio ona funtsezkoa da ikasleen gaitasunak eta interesak zehazteko. MAL honen helburu bat da ikasleen ibilbidea kudeatzen laguntzea, hezkuntzaren, prestakuntzaren eta enpleguaren arloan, gazteenen artean kapital zientifikoa sortzeko erreferenteak lortuz. Kapital horrek, ikasleen bilakaeran laguntzen du eta haien hezkuntza eta lanbide ibilbidea beren asmo pertsonalen arabera diseinatzen laguntzen du.

Horregatik, energia-eraginkortasunari eta iraunkortasunari dagokionez, ikasleriarri aukerak eman zaizkio energia aurrezteko, gaitasunak garatzeko, pentsamendua sustatzeko eta jarduera ekintzailea sustatzeko, norbanakoaren gaitasunen eta interesen arabera.

2.3. Gaur egungo ikastetxeen energia-kontsumoa

Nahiz eta autore batzuek frogatu duten ohiko energia-ziurtagiriak ikastetxeetako energia-kontsumoa kuantifikatzeko erabil daitezkeela, eta, beraz, ebaluazio konparatiboa egin daitekeela, EBko herrialde gutxik jaso du eraikin-kategoria horretan energia-eraginkortasunaren ziurtagiriei buruzko legeri nazionala. Baina, 2012ko ekainaren 30etik aurrera, 1000 m² baino gehiago okupatzen dituzten erakunde publikoek, errendimenduaren araberrako ziurtagiri bat erakutsi behar dute sarrerako atean edo eraikinaren atari nagusian.

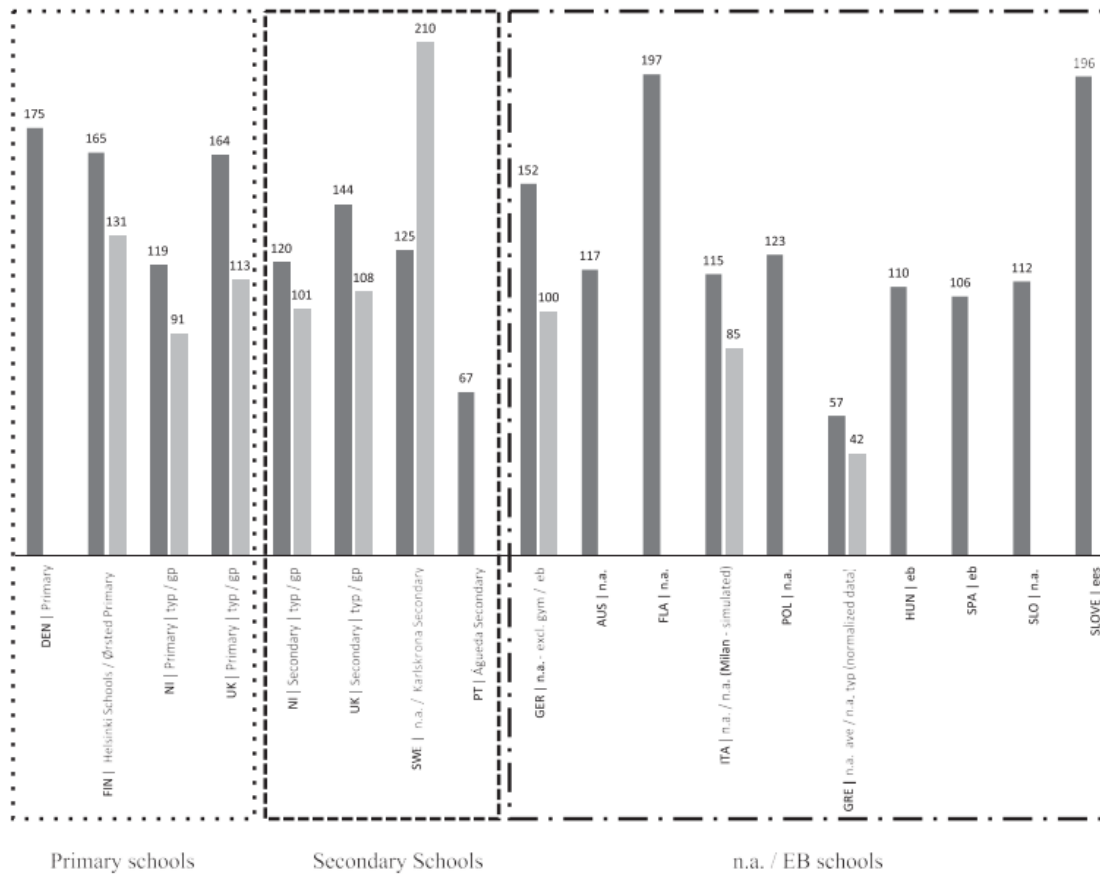
Belgika bezalako herrialdeetan [4]. erreferentzian, adibidez, lehen mailako energiaren gehiengo eskaria mugatzen da, batez ere eraikuntza-elementuen eskarrietan oinarrituz (hormak, isolamendu-mailak). Zipren, adibidez, Hezkuntza eta Kultura Ministerioko zerbitzu teknikoak lanean ari dira ia energiari gabeko lehen eskola diseinatzeko eta eraikitzeke. Eslovakian, ikastetxeetako adierazle orokorretarako energia-klaseen eskalez gain, energia termikoa erabiltzeko sailkapen-eskala bat dago. Austrian, adibidez, berokuntzaren gehieneko eskaria txikiagotu egin zen, eta eraikin berrietan onartutako balioak eta lehendik zeuden eraikinen erreformen U balio maximoak ere gogortu egin ziren. Txekiar Errepublikan, ikastetxe berrien gutxieneko etiketa C izan behar da. 1. irudian EBko hainbat eskolen urteko energia-kontsumoa irudikatzen da [4] erreferentziatik aterata.



Notes: DEN = Denmark; FRA = France; GER = Germany; ITA = Italy; SLO = Slovakia; SWE = Sweden; UK = United Kingdom; CY = Cyprus; HK = Hong Kong; ARG = Argentina; CAN = Canada; USA = United States of America; NI = Northern Ireland; CZ = Czech Republic; GRE = Greece; SK = South Korea; SLOVE = Slovenia; JP = Japan; rv = reference value; n.a.= non available (type of school building); EB = educational buildings; gp = good practice; typ = typical.

1. Irudia: Eskolen urteko energia-kontsumo kWh/m²

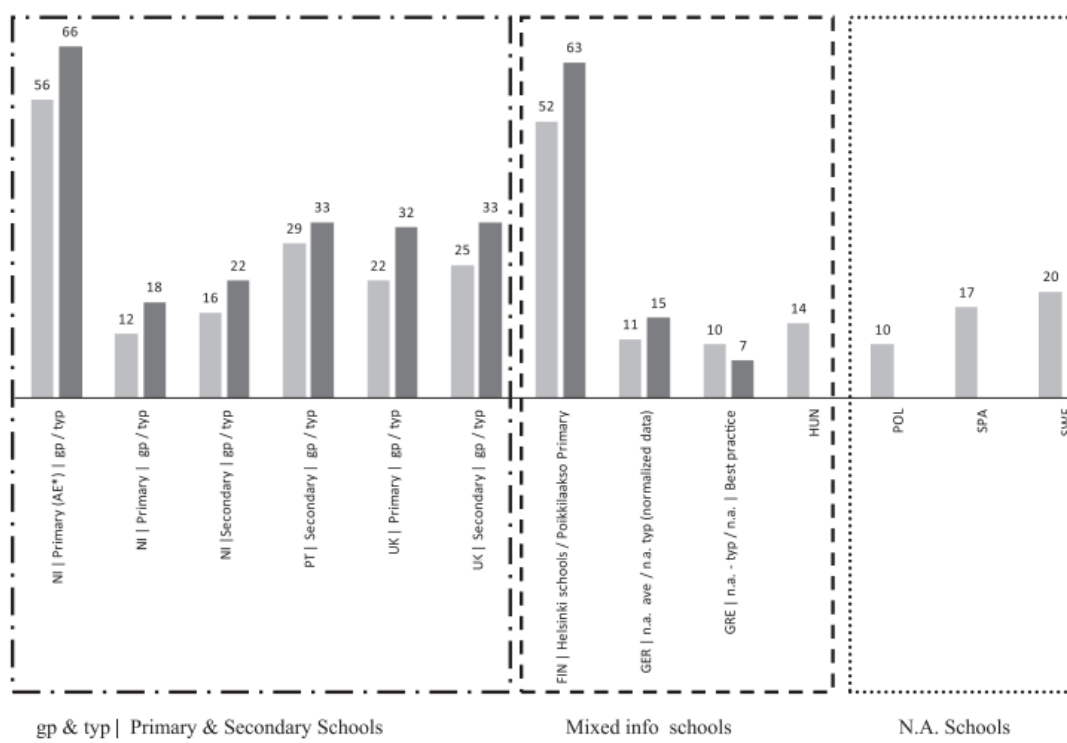
Energia termikoaren kontsumoa 2. irudian dago eta, adibidez, Esloveniako ikastetxeetan, eskola-eraikin eraginkorrak berotzeko energia urtean 112 kWh/m²-tik 196 kWh/m²-ra doa. Finlandian, hiri-berokuntza erabiltzen da eta azterturiko ikastetxeen % 25ek lehen eta bigarren hezkuntzako ikastetxeetarako ohiko balioa baino emaitza hobekak lortu dituzte. Erregai fosilen kontsumoen kasuan, esaterako, 85-112 kWh/m² artekoa da, hurrenez hurren. Italian, institutuen eta bulegoetan ohiko berokuntza egunean 6 ordukoa da. Berogailuaren batez besteko balioak 110-115 kWh/m² artekoak dira; balio horiek eskualdeko 100 eskola baino gehiagoko lagin batetik lortzen dira.



Notes: DEN = Denmark; FIN = Finland; NI = Northern Ireland; UK = United Kingdom; SWE = Sweden; PT = Portugal; GER = Germany; AUS = Austria; FLA = Flanders; ITA = Italy; POL = Poland; GRE = Greece; HUN = Hungary; SPA = Spain; SLO = Slovakia; SLOVE = Slovenia; n.a.= non available (type of school building); EB = educational buildings; gp = good practice; typ = typical; ave = average; ees = energy efficient school

2. Irudia: Urteko energia termikoaren kontsumoa kWh/m²

3. irudiak erakusten du energia elektrikoaren kontsumoa, non Finlandiako lehen hezkuntzako ikastetxe txiki baten kasua erakusten baita. Horren arabera, Helsinkin 52 kWh/m²-ko batezbesteko elektrizitate-kontsumoa dago argiztapenerako, berokuntzarako, aireztapenerako eta aire giroturako. Azpimarratzekoa da balio horiekin bat egiten duela Erresuma Batuak, baina berokuntza-energiari buruzko datu-eguneraturik ez dagoenez, ezin izan da baieztatu ikastetxe horiek Erresuma Batukoek bezain errendimendu eraginkorra duten ala ez.



Notes: AE = All Electrical school buildings; NI = Northern Ireland; PT = Portugal; UK = United Kingdom; FIN = Finland; GER = Germany; GRE = Greece; HUN = Hungary; POL = Poland; SPA = Spain; SWE = Sweden; n.a.= non available (type of school building); EB = educational buildings; ave = average; gp = good practice; typ = typical.

3 Irudia: Urteko kontsumo elektrikoa kWh/m²

2.4. Inguratzaila eta instalazio termikoak

Izaki bizidunen larruzalak bezala, eraikinen gainazal-inguratzailaek, ingurunearekiko harremanak erregulatzen dituzte. Horien artean, gaur egun, garrantzi handikoak dira energia trukeei dagozkien erlazioak (argia, beroa, soinua, airearen presioa). Argiak eta soinuak, gainera, karga kualitatibo handia dute, irudien eta mezuen transmisore baitira.

Gaur egun, berotze globalak eragindako airearen, uraren eta lurraren kutsaduraren kontzientzia piztu da mundu mailan eta, besteak beste, eraikinak eraikitze, erabiltzeko eta mantentzeko beharrezko kontsumo handiak mugatu nahi/behar dira. Hortaz, eraikinen inguratzailaek hobetuz doaz, ingurumen-baldintza kaltegarrietatik ekiditeko, ingurumen energiak baliatzeko edota energia aurrezteko.

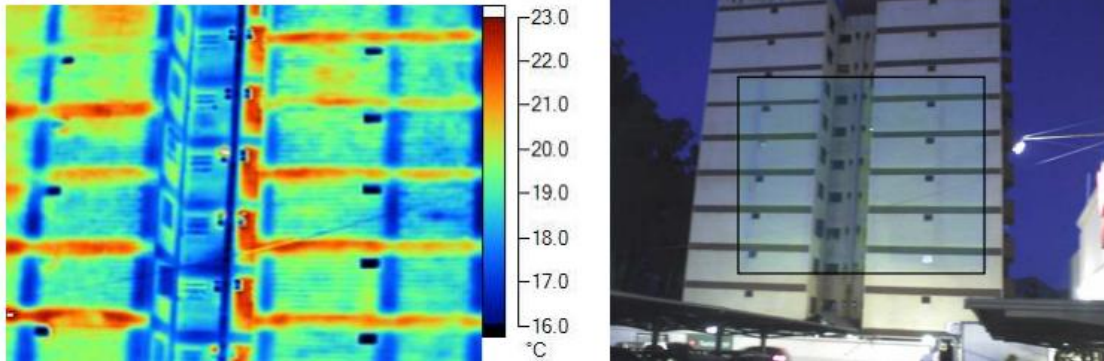
Instalazio termikoak, pertsonen ongizate termikoa eta higiene eskaera asetzeko erabiltzen dira, ur bero sanitarioa eta berokuntza, hozte eta aireztapena ekoitziz.

2.4.1. Termografia-kamerak

Termografia metodo ez suntsitzaila bat da zeinek aztertu beharreko eremuaren tenperaturaren azaleko banaketa zehazten baitu, ikus 4. irudia. Eraikinak monitorizatzeko, teknika tradizionalekin batera erabiltzen da eta tresna baliotsua da eraikinen inguratzailaek akatsak, zubi termikoak, airearen infiltrazioak eta hezetasuna detektatzeko. Teknika hau, [5] erreferentziaren arabera, energia-auditorietan osagarri gisa erabil daiteke, konfort termikoa ebaluatzeko, horma, solairu eta sabaien gainazaleko tenperaturak neurtuz. Gainera, oso

erabilgarria da eguzki berokuntzako sistemak inguratzailerekin nola integratzen eta lotzen diren aztertzeko. Gaur egun, herrialde garatuetan, interes handia dago eraikuntzetan termografia aplikatzeko, kontsumo baxuko eraikinen eskaera gero eta handiagoa delako.

Analisi termodinamiko batek neurtzen du gorputz batetik bestera doan bero transferentzia, oreka-egoera batetik bestera. Beroa tenperatura altuko ingurunetik tenperatura baxuenera transferitzen da eta bi inguruneek tenperatura oreka lortzean eten egiten da.



4. Irudia: Etxebizitza eraikin bati egindako termografia

Beroa hiru modutan transmititu daiteke: Kondukzioa, konbekzioa eta erradiazioa.

- Kondukzioan, energia transferitzen da partikula energetikoetatik, hain energetikoak ez diren beste partikula batzuetara, partikula horien iterazioaren bitartez. Kondukzioa, solidoetan, likidoetan edo gasetan gerta daiteke. Likidoetan eta gasetan, kondukzioa, molekulak hedatzean molekulen mugimenduaren eta talken ondorioz gertatzen da eta solidoetan, aldiz, molekulen arteko bibrazioen ondorioz. Kondukzioaren formula orokorra, Fourier-en legea, honakoa da:

$$Q = -k \cdot A \cdot \text{grad}T \quad (1)$$

Non,

K= konduktibitate termikoa W/m·K

A=Neurtutako azalera m²

gradT= Tenperatura gradientea °C

- Konbekzioa, mugitzen ari den solidoen edo likidoen arteko energia transmititzeko modua da, zein fluidoaren mugimenduaren eta kondukzioaren arteko efektu konbinatuak barne hartzen dituen. Zenbat eta handiagoa izan fluidoaren mugimendua gero eta handiagoa izango da bero transferentzia. Mugimendurik ez badago, bero transferentzia kondukzioaren bitartez gertatzen da.

Konbekzioa naturala izango da fluidoaren mugimendua modu natural batean sortzen bada, bestela, kanpoko agente batek laguntzen badu, haizagailu batek, adibidez, konbekzio behartua izango da.

Konbekzioaren formula orokorra, Newtonen hozkuntza legea, honako hau da:

$$Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) \quad (2)$$

Non,

h= konbekzioaren bidezko bero transferentzia koefizientea W/m²

A=Neurtutako azalera m²

T_s= Azalerako tenperatura °C

T_∞= Urrunduta dagoen fluidoaren tenperatura °C

- Erradiazioa, atomoen edo molekulen konfigurazio elektronikoen aldaketek igorritako energia da, energia hori, uhin elektromagnetiko moduan transmititzen da. Erradiazioaren formula orokorra, Stefann-Boltzban-en formula, honako hau da:

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (3)$$

Non,

ε =emisibidatea

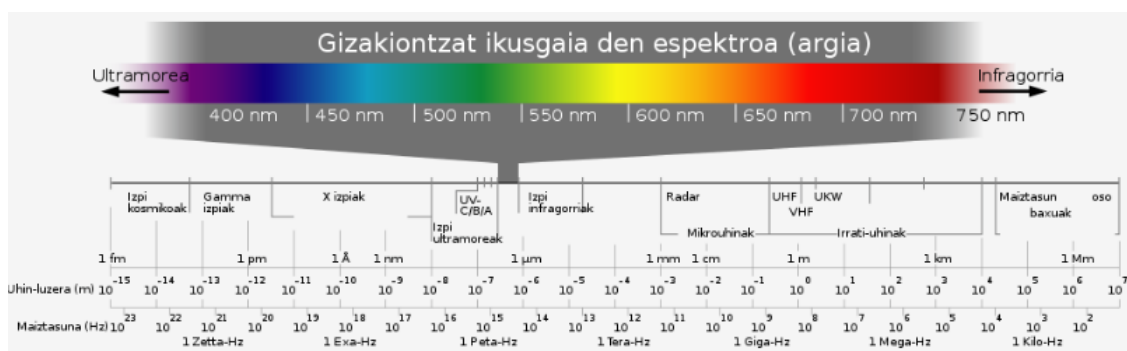
σ =Stefan-Boltzmann konstantea W/m²

A_s = Azaleko azalera m²

T_s = Azaleko tenperatura °K

T_{sur} = Inguruneko tenperatura °K

Uhin elektromagnetikoen multzoaren banaketari, espektro elektromagnetikoa deritza eta substantzia batek igortzen edo xurgatzen duen erradiazio elektromagnetikoarekin bat dator. Espektro elektromagnetikoa, uhin luzera txikien duen erradiazioetik (gamma izpiak) luzera handien duten uhin elektromagnetikoetara (irradi uhinak) doa, ikusi 5.Irudia.



5. Irudia: Espektro elektromagnetikoa

Beste ezaugarri garrantzitsu bat ε emisibitatea da. Emisibitatea, gainazalari atxikitzen zaion propietate/hurbilketa bat da, non objektu batek, tenperatura jakin batean, igortzen duen erradiazio kantitatea zehazten duen, gorputz beltz batekin alderatuta. Laburbilduz, objektu baten gainazalak erradiazio termikoa igortzeko duen eraginkortasuna adierazten du, maximoarekiko.

2.4.2. Blower door

Eraikin baten kontrolatu gabeko aire zirrikituak arazo asko sor ditzakete. Izan ere, aire ihesa bero galeren %30-50 artekoa izan daiteke hainbat kasutan. Horregatik airearen sartu- irteera kontrolatuz gero, arazo asko konpon daitezke. Blower door metodoarekin eraikinaren zirrikituetatik darion aire fluxua, infiltrazioak, eta ondoriozko beroa kuantifika daiteke, eta horrela, zehazten da aireztapen mekaniko osagarriaren beharra.

70eko hamarkadan garatu zen lehen aldiz Blower door saiakera: ate batean muntatutako panel batean datza eta honek haizagailu bat dauka. Haizagailua piztean, barruko airea irten (edo sartzen) da 50 Pa-eko depresio (edo gain-presio) zehatza sortuz gela eta kanpoaren artean. Haizagailutik doan haize-emia ezaguna denez eta energia balantzeak aplikatuz, etxebizitza horretan dauden zirrikituak, alegia infiltrazioak kuantifika daitezke,

inguratzaileren estankotasuna zehaztuz. Blower door saiakera kamera termografikoekin konbina daiteke.

Zero fluxua duen presioaren diferentzia-neurketak eta depresurizazio- eta presurizazio-saiakuntzetan neurtutako presioaren eta aireztapen-emariaren arteko diferentzia-balioak oinarri hartuta lortzen dira emaitzak. Alegia, Δp_{01} eta Δp_{02} zero fluxuarekiko presio diferentzia badira, saiakuntzaren aurretik eta ondoren, eta Δp_m batezbesteko presio aldea bada, Δp presio-aldea honela kalkulatzen da, zeinen helburua 50 Pa lortzea den:

$$\Delta p = \Delta p_m - \frac{\Delta p_{01} + \Delta p_{02}}{2} \quad (4)$$

Horrela, inguratzailetik doan aire bolumena kalkula daiteke, ρ_e kanpo eta ρ_i barneko airearen dentsitateak kontuan hartuz:

$$V_{env} = V_m \cdot \left(\frac{\rho_e}{\rho_i} \right) \quad (5)$$

Baita ere induzitutako presioari airearen fluxuaren koefizientea, C_{env} , biderkatuz lor daiteke aire-bolumena:

$$V_{env} = C_{env} \cdot \Delta p^n \quad (6)$$

Aire filtrazioak kalkulatzeko, presurizazioan eta despresurizazioan, filtratutako airearen koefizientea C_{env} , airearen dentsitatearekin biderkatuz:

$$C_L = C_{env} \cdot \left(\frac{\rho_e}{\rho_0} \right)^{1-n} \text{ despresurizazioa} \quad (7)$$

$$C_L = C_{env} \cdot \left(\frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^{1-n} \text{ presurizazioa} \quad (8)$$

Jarraian, iragazitako airearen fluxua kalkulatzeko:

$$V_L = C_L \cdot \Delta p^n \quad (9)$$

Amaitzeko, airearen fluxuaren n_{50} esponentea kalkulatzeko, neurtutako airearen fluxua saiakeraren amaierakoa eta hasierakoa zatitu behar zaio.

$$V_{50} = C_L \cdot 50^n \quad (10)$$

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} \quad (11)$$

3. HELBURUAK ETA LANAREN IRISMENA

Proiektu honen helburua da Deustuko Ikastolan energia-auditoria bat ikaslegoarekin egitea. Beraz, zeharkako ondorio gisa, ezagutza sortuko da gaztetxoengan, jasangarritasuna eta energia aurrezteko energia tekniketari oinarrituz, hala nola:

- Ikasleen ezagutza maila handituko da iraunkortasunari eta energia aurrezteari dagokionez.
- Energia-eraginkortasunaren teknikak eta energia berriztagarrien erabilera sustatuko dira, lehiakortasuna eta gizarte ongizatea hobetzeko.
- Gazte garaitik energia erabiltzeko ezagutza eta kontzientzia zabalduko da eta gizartearen arteko harremanak estutuko dira.



- Ikaslegoa autonomiaz gaitu nahi da eta motibatzen lagundu, energia-eraginkortasunaren erronkak indartzeko.

Horrela, proiektuaren helburu orokorrak bat datoz Eusko Jaurlaritzako hezkuntza sailak sustatutako STEM estrategiekin:

- Hezkuntza eta prestakuntza zientifiko teknikoak sustatu nahi da hezkuntzaren etapa guztietan, eta horretarako, eragile sozioekonomikoen lana sartu behar da.
- Lehen hezkuntzatik STEM diziplinetan profesionalki aritzeko bokazioa eta gogoia piztu nahi da, neskei arreta berezia eskainiz, ikasleak etorkizuneko erronketarako prestatzeko.
- Euskal herritarren artean dibulgazioa eta kultura zientifiko- teknologikoa sustatu nahi da.

3.1. Helburu espezifikoak

Helburu espezifikoak hiru talde nagusitan banatzen dira: helburu zientifiko teknikoak, sozialak eta hezkuntza helburuak.

3.1.1. Helburu zientifiko teknikoak

- Eskola esparruko pertsonak, ikaslegoak eta irakaslegoak, beren ezagutza garatuko dute modu aktiboan eta prestakuntza-curriculumean integratuko dute energia-auditoretza. Horrela, energia erabilera eraginkorra eta inguratzailearen bero-galerak eta instalazioak hobetzeko teknikak ikasiko dituzte.
- Gainera, energia-auditoriak egiten ikasiko dituzte, in situ, saiakuntza praktikoen bidez, hala nola, termografia eta Blower door saiakuntzak gauzatuz.
- Ikasitakoaren arabera, energia eraginkortasuna hobetzeko neurriak proposatuko dituzte, pertsona espezializatuen laguntzarekin, energia aurrezteak eta energiaren erabilera jasangarria sustatzeko.

3.1.2. Gizarte helburuak

- Pertsona gazteek, beren nortasuna eta autoestimua eraikitzeke adinean daudelarik, energia aurrezteko eta baliabide naturalak modu iraunkorrean erabiltzeko tekniken ezagutza zabalduko dute.
- Ikasketa zientifiko teknikoak egiteko interesa indartuko dute, zientzia aspergarri eta aspergarrietako tabuak hautsiz. Tabu horietan, termodinamikaren zientzia sartu ohi da, bai eta karrera teknikoekin modu okerrean lotzen diren genero estereotipoak ere.
- Ikasleak izango dira, ekintzak aurrera eramanez (eta ez ikusle soil gisa), zereginak gauzatuko dituztenak eta, horrela, beren autonomia indartuko dute proiektu praktikoen bidez.

3.1.3. STEM ezagutzaren helburuak

- Gazteak ikerketa eta proiektu teknologikoetan inplikatu dira.
- Gazteei tokiko benetako ikerketa hurbilduko zaie.
- Gazteen arteko esperientzia trukea erraztuko da.
- Gazteek ikertzaileen lana zuzenean ezagutuko dute.
- Espiritu ekintzailea eta gazteen ahalduntzea bultzatuko da.
- Komunikazio eta hizkuntza gaitasunak landuko dira.



4. ARTE EGOERAREN ANALISIA

Atal honek artearen egoera jasotzen du, energia efizientiaren ikuspegitik ikastetxeen egoera aztertuz. Beraz, hasteko, energia-auditoretza egiteko moduak birpasatzen ditu, termografiaren ikuspegiak aztertuz eta zubi termikoen garrantzia azpimarratuz. Ondoren, ikasleen ezagutza maila aztertzen ditu STEM (Science Thecnology Engineering & Mathematics) programen bitartez.

4.1. Gaur egungo ikerketak

Ikerketa bat abiatzeko gaur arte egin diren lanak ezagutzea ezinbestekoa da. Azken baten, energia-efizientzia mundu mailako gai orokor bat da eta profesional askok dihardute helburu berdinen atzetik. Bestalde, energia-efizientiaren kontzientziazioa lantzeko estrategiak garrantzitsuak dira eskola-giroan eta horren inguruko ikerlanak ere askotarikoak dira.

Hori dela eta, artearen egoera atal nagusi hauetan banatzen da:

- Lehenengo energia-efizientzia eskoletan ikertzen duten lanak aztertuko dira. Kontsumoen nondik norakoetan oinarritzen dira lan hauek eta energia-kontsumoa murriztea dute helburu.
- Ondoren, STEM proiektuak sustatzeko lanak aurkezten dira.
- Azkeneko ikerketa-zerrendak aurreko bi gaiak uztartzen ditu: energia-efizientzia eskoletan sustatzeko ikasleekin egindako esperimenduak jasotzen ditu termografia eta blower door metodoen aplikazioak aipatuz.

4.2. Energia-efizientzia eskoletan ikertzen duten lanak

Atal honetan azaltzen dira beste ikerketa-talde batzuek MAL gai honi buruz antzeman dituzten arazoak. Ikerketa-talde bakoitzak emandako soluzioa eta/edo emandako soluzioen arteko konparazioak lantzen dira.

Irakurri den [6] erreferentzian, Vicent Butala-k eta Peter Novak-ek, Esloveniako 24 ikastetxeetan energia-auditoriak egiten dituzte, energia-kontsumoa eta barneko aire kalitatea aztertzeko. Eraitzen arabera, eraikin horiek energia asko kontsumitzen dutela ondorioztatzen da eta barne-aire kalitate txarra dela bistaratzen dute. Haien ustez, galdaren potentzia nominalek %57-ko gain kapazitatea erakusten zuten, beraz, erabat gain-dimentsionatuta dago instalazioa. Ikastetxe horien bero-galerak balio gomendatuak baino %89 handiagoak dira. Hortaz, ezin da bermatu barne-aire kalitate ona eta energiaren erabilera arrazionala, inbertsio kostu altuak izan gabe. Ikertzaileen galderak ondorengoak dira: alda daitezke berokuntza aire-sistemak ur bero sistemekin? Edo ur beroa eta aireztapen naturala energetikoki eraginkorrak diren aire sistemekin truka daitezke? horrela, ekintza bakar batekin konfort termikoa eta aire kalitate ona ziurtatzen daiteke.

Bestalde, [7] erreferentzian, Vincenzo Corrado-k energia-auditoretza beste modu batean planteatzen du, horrela, ia energia-kontsumo gabeko eraikin (nZEB) bat lortzeko. Lanean finantza analisi bat eta auditoretza bat egitea planteatzen du, baina, metodologia, eraikinaren zenbakizko eredu batetik abiatzen da, klimaren eta energia kontsumoaren datu errealekin kalibratuta. Ondoren, kostuak optimizatzeko prozedura bat aplikatzen du, gutxieneko kostu globala zehazteko eta energia eraginkortasuneko neurriak identifikatzeko. Energia-efizientzia zehazten duten neurriek 30 urteetan zehar barneratzen dituzte gutxieneko kostu global horiek. Amaitzeko, neurriak hobetzen dira, eraikinek nZEB

baldintzak bete ditzaten eta errentagarriak izan daitezten. Metodologia hau, Turingo institutu batean aplikatzen da.

Karim Mohamed, et al.ek [8] erreferentzian aztertzen dute Arabiar Emirerri Batuetako iparraldeko eskola-eraikin handi baten energia-eraginkortasuna eta kontserbazioa. Horrela, ikastetxe baten urteko elektrizitate-kontsumoa analizatzen da eta ikasle zein irakasleen artean inkesta bat egiten da kontzientziazio maila eta sentsibilizazio gradua neurtzeko. Energia aurrezteko aukerak zehazteko, auditoretza energetiko bat egiten da, ikastetxearen energia-kontsumo sistemak ebaluatzeko, ikuspegia argi sistemetan eta aire girotuetan jarriz. Gainera, azterketa termografiko bat egiten da eskolako inguratzailean, horrela, eraikinaren isolamendu maila eta aire ihesak identifikatzen dira. Ondorio gisa, eraikinaren elektrizitatea hornitzeko eta banatzeko sistemak ebaluatzen dira, potentzia analizagailuaren eta gailu termografikoen bitartez. Energia aurrezteko neurri hauek proposatzen dituzte: argitzapen gehigarria ezabatzea, mugimendu sentsoreak ikasgeletan jartzea eta alarma sistema bat jartzea. Gainera, software berri bat integratzea planteatzen da honako urrats hauekin: (1) ikasgelaren datuak pilatu; (2) funtzionamendu baldintza erreala analizatu; (3) eraikinaren portaera ulertu; (4) energia aurreztuko duten neurriak analizatu; (5) eraikinaren energia-efizientzia estimatu; (6) energia-aurrezpenaren potentzia estimatu; (7) ebaluazio ekonomikoa egin eta (8) energia aurrezteko neurriak proposatu. Ildo horretan, zentroko energia kontsumoko sistemak aztertu ziren, zentroaren energia-kontsumoa murrizteko modu posibleak identifikatuz.

Mika Raatikanen et al.ek sei ikastetxeen energia-kontsumoa alderatu zituzten [9] erreferentzian, eraikin hauek, Finlandiako ekialdean kokatzen dira, hamarkada ezberdinetan eraiki zituzten eta haien aireztatze eta automatizazio sistemak ez dira sendoak. Energia-kontsumoaren datuak Kupion Energy deitutako energia-hornitzaile enpresa lokal batetik lortzen dira. Emaitzen arabera, eraikin berriek energia-efizientzia altuagoa dutela erakutsi zuten. Hala ere, energia-efizientziari dagokionez, bi eraikin berriek aparteko eraginkortasuna zuten, zeren, aireztapena gauez eta egunez piztuta zegoen eraikinaren materialak lehortzeko. Azterketa honen nobedadea da kontsumo elektrikoko eta kalefakzio sistemen datuak eskuratzen zituztela kontagailu azkar batzuetatik. Horrela, metodo informatiko eguneratuak erabiliz, elektrizitate kontsumoaren eta kalefakzio datu konplexuak analizatzen ziren.

Gianluca Rspi, et al.-ren ustez [10] erreferentzian, eraikin publikoetan dagoen energia-kontsumoak kostu altua dauka eta estatu baten orekan eragin dezake, gainera, eraikin publikoetan, bereziki, eskoletan, konfort maila altua duten eraikinak izan behar dira, zeren bai ikasleek bai irakasleek, denbora luzea ematen baitute bertan. Ikasleen eta irakasleen ondoeza eta produkzio ahalmena, arrazoi honengatik, kaltetu daiteke. Energia-kontsumoari dagokionez, ikastetxeek, energia kantitate handia xahutzen dute, zeren, gehienak, 1991 urtea baino lehen eraiki ziren eta energia-aurrezteko sistemak, eraikin gutxi batzuetan aplikatu ziren. Haien lanean, zortzi ikastetxeen energia-errendimenduak aztertzen dituzte, Italiako hegoaldean. Helburua da, Energy-Plus programaren analisi dinamikoak erabiliz, betebeharr energetikoak ikertzea. Ondoren, analisi dinamikoaren balioak energia-kontsumo efektiboarekin alderatu ziren. Konparazio honen emaitzekin, zenbakizko modelo bat balidatu zuten eta energia-auditoria bat egiteko aukerak ikertu zituzten, hiru kategorietan: (1) inguratzaile energetikoaren birgaitzea, (2) solairuen birgaitzea eta (3) biak aldi berean. Hiru kategorien energia-aurrezpena kalkulatu zutren eta amaitzeko, ingurumen onurak aztertu zituzten CO₂-a murrizteko. Ikerkuntza honek baieztatzen du metodo dinamikoaren onena dela eraikinetan energia-analisia egiteko.

Davide Zanni et al. [11] erreferentzian ikastetxeak analizatzeko erreminta bat identifikatzen saiatzen dira. Erreminta honek, aldiuneko sarrera-datu batzuekin, kalefakzio kontsumoa murrizten du, CO₂-en emisioak murriztuz, eta baita ere datu hauek hobetzeko hobekuntzak planteatuz. Azterketa metodologiko batek aukera ematen du eskola eraikin osoaren energia-errendimendua alde aurretik ebaluatzeko, sor daitezkeen arazo nagusiak identifikatuz. Honek, eraikin problematikoak, geometriaren arabera, taldetan banatzea ahalbidetzen du. Lehenengo fasean, eraikin guztiak artxibatzen dira, inkestetik eta artxiboan dokumentaziotik lortutako informazioaren laguntzaz eta, jarraian, lagin osoaren energia-efizientzia alderatzeko bi analisi egin ziren. Hasierako azterketan ENEAK (Teknologia Berrien, Energiaren eta Garapen Ekonomiko Iraunkorraren Italiako Agentzia Nazionalak) proposatutako metodologia aplikatu zuten, ikastetxe hauetan. Ondoren, ikastetxea, zati homogeneotan banandu eta gero, eraikinen lagin bat hautatu zuten eta baldintza dinamikoak simulatu ziren eta energia-kontsumo erreala aztertu zen. Azken azterketako emaitzak konbinatuz, eraikin mota eta eraikuntza teknologia identifikatzen dituen tresna bat garatzen da, ingurumen -inpatua zenbatesteko.

Hongting Ma et al. [12] erreferentzian, 17 ikastetxeen energia-kontsumoa ikertzen da. Emaitzen arabera energia-kontsumo globala 121,81 kWh/m²-koa da eta pertsona bakoitzeko batezbesteko energia-kontsumo 36,07 kWh/m²-koa da 2007. urtean. Hala ere, egiaztatu zen, eraikitako azalera unitate bakoitzeko energia-kontsumoa txikiagoa zela eraikin publikoen batez besteko energia-kontsumoa baino (257,61 kWh/m²). Ondorio gisa, ikastetxearen energia-kontsumoari garrantzi handiagoa eman behar zaio.

Quiang Gong, et al.-ek [13] erreferentzian ikerketa bat egiten dute ikastetxeetako energia-kontsumoa minimizatzeko. Analisi gehienek konglomeratuan zentratu izan dira eta ikerketa honetan, python hizkuntza erabiltzen da euskarritzat. Amaierako emaitza gisa energia-kontsumoaren kurbak lortzen dira, ikastetxeen funtzionamendu-ezaugarriak erakusteko. Urtaroaren arabera (uda edo negua) eskolaren erabilera-orduak aldatzen dira eta patroiz ezberdinak ikus daitezke energia-kontsumoan, batez ere, gas naturalaren kontsumoan eta erabiltzen den hozgarriaren kontsumoan. Hortaz, energia-kontsumoa igo edo jaisten da urteko unearen arabera.

R.Delvaeye, et al. lanean [14] erreferentzian ikastetxeetan argi naturala kontrolatzeko sistema eta energia-aurrezpen kapazitatea konparatzen dira, zeren, haien ustez, energiaren aurrezpen handia lor daiteke argia kontrolatuz. Izan ere, argi artifizialaren maila proportzionala da sartzen den argi naturalarekiko. Hala ere, energia-aurrezte potentzia ezin da oso zehatz estimatu, hainbat parametroen menpe dagoelako, hala nola, klima baldintzak, okupatzaileen aktibitatea eta argi naturala. Ikerketa honetan, urte batean zehar, 3 geletan kontrol sistema ezberdinak simulatzen dira. Potentzia aktiboa eta argi artifizialaren energia-kontsumoa minutuz minutu neurtu egiten da, eta baita ere gelen okupazioa eta ikastetxearen kanpoaldeko irradianzia maila. Geletan ikusmen konfort-a ebaluatzen da eta, gela guztiek okupazio maila ia berdina izan arren, argia kontrolatzeko sistemen artean alde handiak daude, energia-aurrezte terminoetan. Urteko energia-aurrezpena %18 eta %46 artean dago eta kanpoalderantz orientatutako eguneko argia neurtzeko sentsoreak energia-aurrezpen handiena lortu zuen. Baina, ziurtatu behar da aurrezpen honek ikusmen konfort-a kaltetzen ez duela.

4.3.STEM eta hezkuntza jarduerak ikertzen dituzten lanak



Esan bezala, atal honetan aztertzen dira STEM arloan egin diren ikerketa eguneratuak, betiere energia-arloan zentratuz.

Batetik, Lin Ma, et al. [15] erreferentziak 91 ikasleen portaera ikertzen du STEM (Science Thecnology Engineering & Mathematics) programa batean, zeren, haien arabera, generoa faktore garrantzitsua baita ikasketa kolektibo batean, bai maila indibidualean, bai maila kolektiboan, eta ikerketa gutxi daude ikasleen errendimendua neurtzeko STEM hezkuntzan. Ikerketa hau egiteko, ikasleak 3 taldetan banatu ziren, mutil, neska eta talde mistoa, gainera, maila kognitiboan eta iterazio mailan zuten errendimendua ere neurtu zen. Emaitez, lan talde mistoak onenak zirela erakutsi zuten, pentsaera, iterazio eta espresio mailan hobekuntzak zeuzkatelako. Gainera, bai mutilek, bai neskek, batera lan egitean, ezberdin egiten zuten.

Karen Peterman et al.-en lanaren helburua da, [16] erreferentzian, ikasleen jarrera aldatzea ikasketa zientifikoaren alorrean. Egileek, bi proiektu talde ordezkatzan dituzte National Science Foundation ITEST (Innovative Technology Experiences for Students and Teachers) programaren barruan, ikuspegi eta teknologia desberdinekin, bi proiektuen barruan kontrol planak egiteko. Lan honetan, CIQ (Career Interest Questionnaire) testaren ahalmena ikertzen da lan munduan, teknologiaren erabileraren efektuak dokumentatzeko. Emaitez adierazi zuten CIQ testa helburu profesionalen iragarle esanguratsu gisa balio duela, ikasleen STEAM proiektuaren testuinguruan. Gainera, adierazi zuten ikasleek edukiak hobetu zituztela eta proiektuan parte hartzeak eta generoak ikasleen emaitzetan eragina zuela. Beraz, egileek ondorioztatu zuten CIQ tresna erabilgarria dela proba enpirikoak aurkezteko, irakaskuntza programen eragina dokumentatzeko eta batez ere, STEM arloaren baitan.

Beste alde batetik, Lung Sheng Lee et al. [17] erreferentzian hainbat hezkuntza-aktibitateen efektuak ikertzen dituzte, ESCER (Energy Saving and Carbon Emisions Reduction) buruzko hezkuntza jardueretan oinarrituz, zeren, haien ustez, energia aurrezte eta karbono emisioak murriztea oso garrantzitsua baita, garapen ekonomiko jasangarria lortzeko. Lehen hezkuntzako bosgarren mailako 60 ikasle aztertu zituzten eta lantalde experimental batekin esleitu zituzten. Bestalde, beste 59 ikasle kontrol-talde experimental batean jarri zituzten. Kobariantza eta datu kualitatiboen analisiak egin ziren bi taldeetan, 14 irakaspen landu ondoren eta konklusio nagusiak honako hauek izan ziren: (1) Hasiara batean energia aurrezten duen etxebizitzari buruzko aktibitateak efektu positiboak zituela ikusi zuten. Hala ere, irakaskuntza jardueren diseinua ez zela egokiena onartu zen. (2) Bigarrenik, ikasleek hobekuntza txikiak erakutsi zituzten ESCER kontzeptuen ezagutzan. Ondorioz, ikasleen ikaskuntza prozesuan ez dira alde batera utzi behar ESCER testuinguruaren ezagutza eta ikaskuntza jardueretan lotutako ahaleginak.

Julie DiMatteo et al.-en ustez, [18] erreferentzian, energia kontserbatzeko ezagutzak hobetzeko, PSS (Power Save Schools) programek modu praktikoan lagun dezakete. Hala ere, PSS programak ez dauka laguntza enpirikorik. Egindako lan hau bi eskoletan aplikatzen da eta eraginkortasuna ebaluatzeko neurriak diseinatzen dira. Emaizta gisa, lehengo 1 klasean hobekuntza nabarmena lortu zen, energiaren kontserbazioari buruzko ezagutza handituz, hala ere, 2 klasean ez zen hobekuntza nabarmenik eman. Alde hauen arrazoiak lanean eztabaidatzen dira eta PSS ikasketa planaren egungo aplikazioaren ahulguneak azpimarratzen dira.

4.4. Termografia aplikazioak ikertzen dituzten lanak

David L. Blunck-ek bere lanean, [19] erreferentzian, termografiaren efektuak ikertzen ditu. Bere ustez, termografia infragorriak oso erabilgarriak dira CO_2 , H_2O , CO eta CH_4 , elementuen fluxuen ezaugarriak ikertzeko. Metodo hau, beste batzuk ez bezala, hainbat ingurunetan aplikatu daitezke. Helburua hirukoitza da: (1) azaltzen da termografia infragorria zelan aplikatu hainbat fluxuen portaera ikertzeko, (2) teknikaren indarguneak zein ahulguneak aipatzen dira eta (3) aplikazioaren potentzialak kontsideratzen dira. Termografia infragorriak balio du milimetro batetik metro batera doan fluxuen ezaugarriak ikertzeko eta baita errekontza tenperaturen kontzentrazioak ikasteko ere. Erradiazioaren intentsitateak abiaraziz, fluxuen ezaugarri kuantitatiboak zein kualitatiboak lor daitezke.

Termografia infragorriaren balioek bereizmen espazial eta eskalar txikiagoa izan ohi dute laser diagnostikoen balioek baino [20]. Termografia infragorriaren bereizmena murriz daitezke neurketen ikusmen lerroaren izaeragatik eta eskala balioen zeharkako izaeragatik. Termografia infragorriaren izaera kuantitatiboari esker, CFD simulazioak zuzenean ebaluatzeko aplikatu daitezke eta termografia mota hau erabiltzea oso baliotsua da esperimenteren eskalak edo kokapenak murrizteko badira. Baina, kontuz ibili behar da CFD simulazioak ebaluatzean, erradiazio intentsitatearen neurketekin balio eskalarren soluzio anitzek bat egin dezaketelako neurtutako balioekin. Termografia, tenperatura altuko eta oso iragankorrak diren inguruneak aztertzeke aplikatu daitezke.

Jae Sol Choi et al.-en lanean, [21] erreferentzian, biki digital baten ikerketa bat proposatzen da, zenbakizko modeloko estruktura bat deskribatuz, isolamenduen akatsak eta zubi termikoak identifikatzeko. Leiho-pareta zatitzen duen junta bat ikertzen da bi egoeratan: isolamenduarekin eta gabe. Bi kasuetan kanpoaldeko tenperatura aldaketa dinamikoak neurtzen dira kamera termografiko batekin. Horrela, juntaren inguruko azalaren tenperatura aldaketak neurtu ziren eta abiadura handiko kalkuluak egiteko modelo bat erabili zen, datu horiek deskribatzeko. (1) Isolamendurik gabeko juntak tenperatura patroia desberdinak irudikatzen zituzten isolamendudun modeloarekin konparatuta. (2) Isolamendudun modelo konduktibitate termiko ezberdinekin ikertu zen. Garatutako zenbakizko modeloek, modelo komertzialak baino optimizazio kapazitate handiagoa, zehatzagoa eta errendimendu handikoa erakutsi zuten.

M. Pedram eta al.-ek [22] erreferentzian hormigoian bero fluxuaren efektua ikertzen du, kamara infragorrien esperimenteruak erabiliz. Esperimenteruak hormigoizko sei lauza erabiliz egin ziren, $250 \times 250 \times 100 \text{ mm}^3$ -koak. Haietako bost, 5 eta 25 mm arteko hormigoizko estaldura bat zeukaten. Bi esperimenteru egin ziren, pausuen bidezko berotzea duen termografia teknika erabiliz (SHT deritzona) eta berogailu infragorri bat erabiliz. Horrela, irudi infragorrien hainbat sekuentzia erregistratu ziren, berotze eta hozte prozesuetan. Ondoren irudiak MATLAB programan post-prozesatu ziren azalerako tenperaturaren eboluzioa ikusteko. Berotze eta hozte saiakuntzen tenperatura erregistroetan kalkulatzeko kontraste termikoa eta kontraste horren denborazko deribatua, irudi infragorrien sekuentziak aztertu ziren. Gainera, hormigoia akastunen trantsizio termikoko mekanismoa hiru etapatan ezaugarritu eta interpretatu zen, berotze eta hozte faseetan. Azterlan honen ondorioek oinarriko ezagutzak handitzen dituzte, hormigoia akastunetan, beroa transmititzeko mekanismoetan eta termografia infragorriaren aplikazio optimizatuan norabidean, hormigoizko zubietan ezkutuko akatsak hautemateko.

Akshay A.Sarawade eta Nadir N. Charniya ikerketak, [23] erreferentzian, termografia infragorriko kameraren hobekuntzak eta hainbat arloko aplikazioak ikertzen ditu. Zeren, haien ustez, kamera termografikoak oso garrantzitsuak baitira. Hasiera batean, dispositibo hau, gauean ikusteko eta zaintza lanetarako erabili ohi zen, baina teknologiaren hobekuntzekin,

gero eta arlo gehiagotan erabiltzen da. Beraz, termografia infragorria erreminta oso praktikoa da, temperatura une eta gunee zehatz batean neurtzeko.

Marina Carpineti et al.-ek [24] erreferentzian energia aurrezteko, bero eroapena ikertu zuten Milaneko ikastetxe batean kamera termiko batekin, galerak detektatuz. Hiru jarduera nagusi burutu ziren: (1) hasteko, ikasleek eskolaren egituran zubi termikoen ondoriozko bero galerak antzeman zituzten, (2) ondoren, laborategian prototipoak ikertu ziren, kamera termografikoaren laguntzarekin eta (3) bukatzeko, (3) laborategian ere, saiakuntza batzuk burutu zituzten aurrez egindako jardueren emaitzak ulertzeko. Proiektuaren motibazio nagusia zen lotura bat sortzea termodinamikaren eta mundu errealean aplikazioen artean. Gainera, ikasleen motibazioa handitu nahi zen, Ikerketan Oinarritutako Zientziaren Irakaskuntzaren ikuspegia erabiliz eta, ikasleak metodologia zientifikora hurbiltzea tresna kognitibo zehatz batzuen bitartez.

4.5. Blower door metodoa aplikatzen duten lanak

Alexander Martín et al.-ek [25] erreferentzian aipatzen dute aireztapen-galerak direla eraikinen energia-errendimenduan gehien eragiten dutenak. Beste alde batetik, infiltrazio energiaren portaera, oraindik ere, ezezagun bat dela adierazi zuten. Ikerketa honen helburua da eraikin historikoen hermetikotasuna hobeto ezagutzea, ate haizatzaileen (blower door) saiakuntzen bidez. Horretarako, Espainiako hiri bateko eremu historikoaren 37 eraikin aztertu ziren. 1882 eta 1919 bitartean eraiki ziren eta eraikuntza tipologia ugari dituzte. Eraitzen arabera, eraikin historikoen aire-hermetikotasunak balio baxuagoak dituzte beste azterlan batzuekin alderatuz. Ondorioz, hainbat korrelazio garatu ziren, aire ihesak zenbatesteko metodo bat sortuz eta eraikin mota horien energia-errendimendua aztertzeko.

Timo Kauppinen et al.-ek [26] erreferentzian energia-efizientzia hobetzeko hainbat proba erabili zuten Finlandiako eskola publiko bat aztertzeko. Konturatu ziren eskola honek, beste eskolak baino kalefakzio gehiago kontsumitzen zuela, beraz, airearen hermetikotasuna neurtzea erabaki zuten. Dokumentu honetan, prozedura zein emaitza batzuk agertzen dira, Blower door metodoa erabiliz. Ondorioztatu zuten, termografia, airearen hermetikotasuna eta beste neurketa batzuk batera erabil daitezkeela energia-galerak ekiditeko.

Xiaofeng Zheng et al.-ek [27] erreferentzian, etxebizitza baten tamainako proba batean, aireko estankotasuna neurtzeko azterketa konparatibo bat aurkeztu zuten, bulkaden eta Blower door teknikak erabiliz. Zortzi proba prestatu zituzten inguratzailean estankotasun ezaugarriak ikertzeko. Saiakuntza proba bakoitzak irekidura bakarra zuten erdian, irekiduraren forma eta lodiera konbinazio desberdinekin. Ingurune babestua erabiltzean, baldintza naturalak murriztu ziren eta eraikinaren barruan probak egin ziren. Ikerketa honek aire-ihesaren indizea alderatzen zuen bi teknikekin. Desberdintasun handienak pultsu proban izan ziren, presio maila eskasa zela-eta. Bulkaden beste proba batzuk egin ziren, hainbat tokitan, presioaren banaketa uniforme eta kanpoko interferentziak ikertzeko. Frogatu zuten barne oztopoek eta kokapenek inpaktu txikiagoa zutela.

Yun Sheng Hsu et al.-ek [28] erreferentzian pultsu teknika erabiltzen dute airearen hermetikotasuna neurtzeko eta Blower door metodoarekin konparatzen dute. Pultsu metodoa oso teknika interesgarria kontsideratzen da zeren, eraikin baten hermetikotasuna neurtzen du presio baxuetan (4 Pa). Hala ere, probaren izaera dinamiko azkarra dela-eta, askotan planteatzen den gai bat presioaren banaketaren uniformetasuna da, aire pultsua askatzen den bitartean. Proba guztiak 0,45 m/s-tik beherako haize abiadurekin egin ziren, haizeak, barne presioan izan zitekeen eragina minimizatzen. Emaitzek, presio diferentzia



zegoela erakutsi zuten, gainera, aldaketa txiki bat zegoen pultsu probetan, baina ingurumen baldintzen aldaketen ondorio izan zitekeen, zeren probak, eraikinaren hainbat lekutan egin baitziren. Estankotasuna neurtzeko, pulsu teknikaren eta estankotasun metodoaren artean komuntadura ona ikusi zen Blower door-aren bidez eta, horrek, zeharka egiaztatu zuen barne presioaren banaketa uniforme zela bi probetan.

5. IKERKETA KASUA

Master Amaierako Lan hau aplikatzeko bi protagonista-talde nagusiren laguntza ezinbestekoa izan da:

- ENEDI ikerketa taldea eta Elhuyar Fundazioa.
- Lana inplementatzeko Deustuko Ikastolako ikaslego taldea.

Jarraian deskribatzen dira talde hauen nondik norakoak.

5.1. Ikerketa taldeak

Esan bezala lana, alde batetik, ENEDI ikerketa taldearen eta Elhuyar Fundazioko kideen laguntzarekin egin da.

5.1.1. ENEDI ikerketa taldea

ENEDI Ikerketa Taldea (Energia Eraikuntzan) 2005ean eratu zen, Eusko Jaurlaritzako Etxebizitza Sailak eta UPV/EHUK sinatutako hitzarmenaren baitan. Hortik aurrera Eusko Jaurlaritzako Eraikuntzaren Kalitate Kontroleko Laborategiko (EKKL) Arlo Termikoa kudeatzeaz eta garatzeaz arduratzen da ENEDI.

ENEDIn ikerketa-ildoek eraikinen energia-eraginkortasuna lantzen dute, inguratzailean zein instalazioetan. Azken bost urteetan (2018tik gaurdaino), ikerketa-taldeak 40 artikulua baino gehiago argitaratu ditu JCR inpaktu-indize handiko aldizkarietan. Lan gehienak eraikuntzako energia-eraginkortasunarekin lotzen dira, energia neurtu, optimizatu eta aurrezteko. Beste lan batzuk, aldiz, irakaskuntzarako metodologia aktibo berriak aplikatzen zentratzen dira. Bi gai horiek dira hemen proposatzen den MALa garatzeko gakoak: “gazteria energia aurrezteko ereduetan eta eraginkortasuna ikastetxeetan aplikatzeko”.

5.1.2. ElHuyar Fundazioa. STEM Hezkuntza

Eskolako gazteengan kapital zientifikoa sortzeko, unibertsitateak, gizarteak eta enpresak rol aktiboa behar dute. Elhuyarren hainbat urte daramatzate STEM hezkuntza arloan lanean, "Bizipenak eta komunitatea" lelopean, hezkuntza-sistemaren eta mundu profesionalaren arteko harremanak sustatzeko eta zubiak eraikitzeko, STEM arloan eredu erreferenteak lortzeko.

Elhuyarren bizipen zientifiko-teknologikoak diseinatzen dituzte komunitatea inplikatzuz, hau da, ikasleekin batera inguruko eragile sozialak eta ekonomikoak sustatuz; hala nola, enpresak eta unibertsitateko profesionalak. Hala, Elhuyar Zientzia Azoka eskola-komunitatearen ekimen dinamizatzailea bihurtu da, eta, horren bidez, 12 eta 18 urte bitarteko gazteek proiektu zientifikoak eta teknologikoak egiten dituzte ikasturtean zehar. Azoka hitzordu



garrantzitsua bilakatu da hezkuntza-komunitatearentzat, eta STEM Euskadi Saria jaso du STEM hezkuntza-ekimen berritzaileenaren kategorian.

5.2. Ikaslegoa: implementazio gunea

Beste alde batetik, MAL honetan zehar bi lekutan inplementatu dira ikerketak, Deustoko Ikastolan eta Eusko Jaurlaritzako Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategian (EKKL).

5.2.1. Deustuko ikastola

Alde batetik, Deustuko ikastolan, DBH-ko 3-4 mailako ikasleekin, (1) hitzaldi dibulгатibo batzuk diseinatu eta gauzatu dira, energia-efizientziaren alorrean eta ondoren, Deustuko Ikastolaren inguratzailearen azterketa egin da (2) blower door eta (3) kamera termografiko baten bidez, ikaslegoaren laguntzarekin.

5.2.2. Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategia

Bestetik, Eusko Jaurlaritzak, Ingurumen, Lurralde Plangintza eta Etxebizitza Sailak, Eraikuntzaren Kalitatea Kontrolatzeko Laborategi bat du, eraikuntza materialaren saiakuntza fisikoak, mekanikoak eta kimikoak egiteko. Laborategiaren helburuetako bat da, arlo teknologiko berriak sortuz eta bultzatuz, eraikinen kalitatea hobetzea eta iraunkortasuna sustatzea eta garatzea. Laborategi hau gakoa izango da ikaslegoak ikusteko benetako profesionalen jarduera eta lan egiteko modua, ahal den heinean erreferenteak sortuz.

6. METODOLOGIA

MAL honetan burututako ekintzak bi atal nagusitan banatzen dira: Deustuko saioa eta Eraikinen Kalitate Kontrolerako Laborategiko (EKKL) saioa. Saio bakoitza gauzatzeko egutegi hau jarraitu zen:

6.1. Deustuko Ikastolan Saioa

- 2022/12/06 → ENEDI Ikerketako taldekideekin batera ElHuyarreko Bilboko bulegoan bilera bat egin genuen, MAL proiektuaren urratsak definitzeko eta egutegia adosteko.
- 2023/01/17 → Ondoren, lehen bilera bat egin zen Deustuko Ikastolako irakaslegoarekin eta zuzendariarekin pentsatutako dinamika edo proiektua planteatzeko. Saioak zehaztu eta ikaslegoaren kurrikulumean barneratzeko urratsak adostu ziren; gainera, Zientzia Azokan parte hartzeko prozesuak azaldu ziren. Bestalde, EKKL bisitatzeko egutegia planteatu zen DBH-ko 3-4 mailako ikasleekin joateko.
- 2023/01/17-2023/02/08 → Hitzaldi dibulгатiborako dokumentazioa definitu eta aurkezpena diseinatu zen. Blower door eta termografia saiakera esperimentalak analizatu ziren ikaslegoaren aurrean egiteko.
- 2023/02/09 → Deustuko ikastolara bisita egin zen eta 3 taldetan banatu zen ikaslegoa. Ekintza hauek gauzatu ziren:

- Hitzaldi dibulгатiboa egin zen energia-efizientzia eraikinetan sustatzeko.
- Hiru saiakera experimental egin ziren ikaslegoarekin batera:
 - Deustuko Ikastolako instalazio termikoak bisitatu ziren.
 - Aurreko ataletan azaldutako blower door saiakera egin zen eskolako klase batean.
 - Termografia kameraren funtzionamendua azaldu zen eta klase horren bero-galera guneak detektatu ziren.
- Zientzia azokarako proiektuen ideak ikaslegoari aurkeztu zitzaizkion.

6.2.EKKLan Saioa

- 2023/02/10-2023/03/08 → Deustuko 3. eta 4. DBHko ikaslegoak taldeak egin zituzten eta euren ikastolaren energia-efizientzia sustatzeko brain-storming bat egin zuten. Horrela, bakoitzak helburu zehatz bat konkretatu zuen Zientzia Azokan aurkezteko.
- 2023/03/09 → Deustuko ikastolako ikaslegoak eta irakaslegoak EKKLa bisitatu zuten. Bi taldetan banatu zen bisita: lehenengo taldeak bisita dibulгатiboa bat egin zuen laborategiko instalazioetan zehar eta, bigarrenak, kongresu estiloko ekintza bat burutu zuten, non, taldeka klasean diseinatutako Zientzia Azokako proiektuak aurkeztu zituzten EKKLko epaimahai esperimentatu baten aurrean eta zalantzak argitu eta proposamenak eskaini zituzten. Ondoren bi talde horiek rola aldatu eta bisita egin zuen taldeak aurkezpenak egin zituen eta alderantziz.
 - Bisitan EKKLaren instalazio hauek ikusi zituzten:
 - Saila termikoa
 - Saila akustikoa
 - Saila mekanikoa
 - Ikaslegoaren kongresua eta mahai biribilaren ekintzan ondorengoa egin zen:
 - Zientzia azokarako proiektuak aurkeztu ziren taldeka.
 - “Teknologo adituek” mahai biribilean, galderak, ideiak eta hurrengo urratsen norakoak eztabaidatu zituzten ikaslegoarekin.
 - Lunch bat egin zen ikaslegoak kongresu erreal baten itxura hartzeko nahian.
- 2023/03/29-30 → Deustuko ikastolak Bilboko Zientzia Azokan parte hartzeko 8 taldek izena eman zuten.
- 2023/06/03-04 → Zientzia Azoka Bilboko Areatza pasealekuan egin zen.

7. GAUZAPENA ETA EMAITZAK

Jarraian egindako saioen laburpena eta emaitzak labur deskribatzen dira.



7.1. Deustuko Ikastolan saioa

Esan bezala, lehenengo ekintza presentziala Deustuko Ikastolan izan zen.

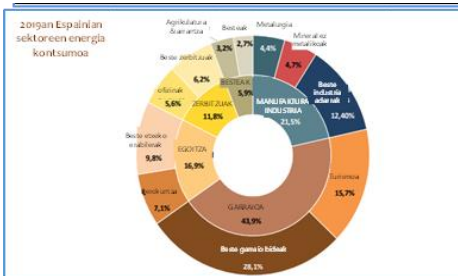
7.1.1. Hitzaldi dibulгатiboak

Aipatu bezala, ordubeteko hitzaldi dibulgatibo bat diseinatu zen, taldeka, energia-efizientziaren oinarriko kontzeptuak irakaslegoarengan zabaltzeko. Ikaslegoa klasearen erdigunean jarri zen hitzaldi hauetan, hau da, euren parte hartzea ezinbestekoa izan zen. Hitzaldia 27 diapositiben laguntzarekin egin zen ondorengo informazioarekin:

- Hasteko gure burua aurkeztu genuen.
- Ondoren, mundu-mailan energia aurrzteko beharra planteatu zen. Arazo geopolitikoak, lehengaien agortzea, etab.azalduz.
- Energiaren katea aztertu zen, lehen mailako energiatik eskarira arte. Horrela energia-transformazioak aztertu ziren.
- Energia-etiketa azaldu zen eta etxeko gailu elektrikoek kontsumoak eztabaidatu ziren.
- Eraikinen energia kontsumoaz egin zen berba eta eskariak asetzeko instalazioak aipatu ziren.
- Energia-auditoretzak azaldu eta energia-efizientzia sustatzeko irtenbideaz eztabaidatu zen.
- Bukatzeko, blower door eta termografia saiakeren sarrera egin zen eta brain-strominga egin zen eskolako energia-efizientzia handitzeko asmoz

<p>ENERGIA EFIZIENTZIA Zer da eta zelan erabiltzen dugun.</p> 		<p>ZER DA ENERGIA ?</p>  <p>Lan bat aurrera eramateko gorputzak duten ahalmena</p> <p>Haria gora eramateko energia ematen behar izan da</p> <p>Haria gora aurreratu gero energia potentzial handiagoa dauka</p> <p>Haria gora aurreratu gero energia potentzial handiagoa dauka</p>																				
<p>Energia ezinbestekoa da izakiek bizi-irauteko</p> 	 <p>Energia-zikloa</p>	<p>2020an Espainian sortutako energia elektrikoaren banaketa ehunekotan, motaren arabera</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Energia mota</th> <th>Porzentaia (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bioenergiak</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Eguzki-energiak</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Harta</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Eguzki-termostatikoa</td> <td>6,1</td> </tr> <tr> <td>Kogenerazioa</td> <td>10,7</td> </tr> <tr> <td>Hidroelektrikoa</td> <td>12,2</td> </tr> <tr> <td>Ziklo konbinatua</td> <td>17,5</td> </tr> <tr> <td>Gasikoa</td> <td>21,9</td> </tr> <tr> <td>Nuklearrak</td> <td>22,2</td> </tr> </tbody> </table>	Energia mota	Porzentaia (%)	Bioenergiak	0,8	Eguzki-energiak	1,8	Harta	2	Eguzki-termostatikoa	6,1	Kogenerazioa	10,7	Hidroelektrikoa	12,2	Ziklo konbinatua	17,5	Gasikoa	21,9	Nuklearrak	22,2
Energia mota	Porzentaia (%)																					
Bioenergiak	0,8																					
Eguzki-energiak	1,8																					
Harta	2																					
Eguzki-termostatikoa	6,1																					
Kogenerazioa	10,7																					
Hidroelektrikoa	12,2																					
Ziklo konbinatua	17,5																					
Gasikoa	21,9																					
Nuklearrak	22,2																					

6 Irudia: Hitzaldi dibulgatiboaren lehen 6 diapositibak



Zer da ENERGIA EFIZIENTZIA?

E. xahutu gabeko kontsumitzea

- E. Elektriko-kontsumoa murriztu
- Eguzki-energia gehiago erabili
- Kontsumo baxuko bombak erabili
- Eraketa inguruarik zuzenak landatu, airea gintzeko
- Urrats kontsumoa murriztu
- E. Zaindu (argia itzal, ordenatu...)
- Paper brikatua erabili



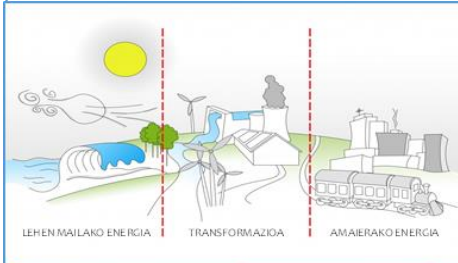
ENERGIA EFIZIENTZIA

1. mailako E-aren: 65 baino gehiago galdut egiten da E-erabilgarritan konbertsioan

ITURRIAK

ENERGIA EZ-BERRIZTAGARRIAK: PETROLU, NUKLEARRA, KIMIKOA, ARGITAPENA, GAS NATURALA

ENERGIA BERRIZTAGARRIAK: BIOMASA, EOLIKOA, HIDRAULIKOA



APARAILUEN ENERGIA KONTSUMOAK

APARAILUA	BEHEKO KONTSUMOA (W)	BEHEKO KONTSUMOA (W)	BEHEKO KONTSUMOA (W)
CAFETERA	700 W	TOSTADORA	900 W
SECADORA	825 W	PLANCHA	1200 W
MICROONDAS	1200 W	AIRE ACONDICIONADO	2950 W

ERAGINKORRENA

ERAGINKORTASUN BAXUENA	ERAGINKORTASUN BAKUENA
A++	Batazbesteko kontsumoaren %30 gutxiago
A+	%30 - %42 tartean
A	%42 - %55 tartean
B	%55 - %65 tartean
C	%65 - %75 tartean
D	%75 - %80 tartean
E	%80 - %85 tartean
F	%85 - %90 tartean
G	%90 baino gehiago

ENERGIA ETIKETA





8 Irudia: Hitzaldi dibulgatiboaren lehen 26-27 diapositibak

7.1.1. Saiakera experimentalak. Instalazioen bisita

Hitzaldien ostean, Deustuko Ikastolako instalazio termikoak bisitatu genituen. Horrela berokuntza nondik zetorren konprobatu zuen ikaslegoak: galdarak ikusi eta tutueria aztertu genuen, dagozkion sentsoreak izendatuz eta aztertuz, ikus 9 irudia.



9 Irudia: Eskolako instalazio termikoak

7.1.2. Saiakera experimentalak. Blower door

Blower door saiakuntza gauzatu zen ondoren ikaslegoaren laguntzarekin zeinek eraikinen iragazkortasun-maila ebaluatzen duen. Horretarako, eraikinaren ate nagusian jarritako haizagailu bat behar da, barrualdea despresurizatu eta hermetikotasuna aztertzeko. Haizagailu bakarria erabili ohi da, baina, eraikinaren tamainaren arabera, baliteke bat baino gehiago behar izatea saiakuntza egiteko; gure kasuan, zehazki, ikasgela baten atean jarri zen haizagailua.



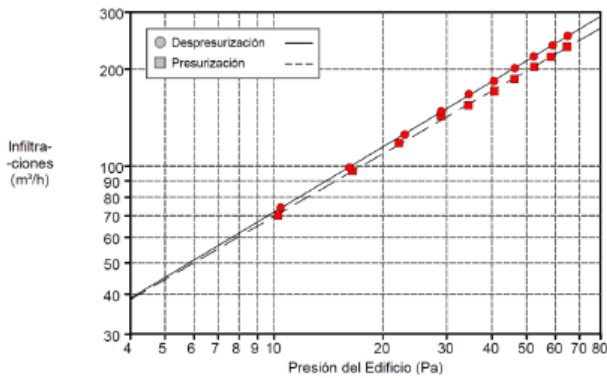
10 Irudia: Blower Door saiakera Deustuko Ikastolan

Ikaslegoari argibideak eman zitzaizkien saiakera burutzeko eta prozedurak honetan datza:

- Gelaren datuak neurtu zituzten: azalera eta bolumena
 - Tectite 5.1. softwarean sartzen dira datu horiek eraikinaren ezaugarriekin batera.
- Gelako aire naturalaren sarrerak zigilatu zituzten: airea igarotzeko irekiguneak, aireztapen-saretak eta abar estaliz; eta ingurutzaileren leihoak eta ateak itxi.
- Gelako ate nagusia akoplatuta egongo den blower door markoa muntatu zen zegozkion neurriak kontuan hartuz.
 - Blower Door oihala eta haizagailua kokatu ziren atean.
- Beharrezko argibideak jarraituz presioak neurtzeko tutuak instalatu ziren eta baita gailu elektronikoak ere.
 - Haizagailua martxan jarri zen, barnealdearen eta kanpoaldearen arteko presio-diferentziako 50 paskaletara mugatuz.
- Softwareak aire- eta presio-fluxuaren grafikoa marraztu zuen, eta orduko aire berritze-kopurua kalkulatu zen (n_{50}) kontrolatu gabeko infiltrazioak zenbatesteko. Halaber, igarotze-irekiduraren azalera zehaztu daiteke, detektatutako infiltrazio guztien baliokidea.

Presurizazio eta despresurizazio saiakerak egin ostean, softwarean 11 irudia bezalako grafikoak lortzen dira dagozkion V50 eta n50 batezbesteko balioak lortuz.

Aipatu behar da test honek ez duela eragozpenik sortzen, ez baitu obrarik behar. Denbora laburrean egin zen eta beste neurketa batzuekin osa daiteke; hala nola termografia saiakuntzarekin.



	Depres.	Sobrep.	Total
C_{env} [$m^3/(h \cdot Pa^0)$] *	15,3	15,8	-
C_L [$m^3/(h \cdot Pa^0)$] *	15,3	15,7	-
n [-] *	0,673	0,648	-
$V50$ [l/s] *	58,9	55	56,9
n_{50} [1/h] *	1,18	1,10	1,14

* La incertidumbre de las medidas se encuentra dentro del rango fijado por la norma UNE-EN 13829.

11 Blower door saiakera baten emaitzen adibidea

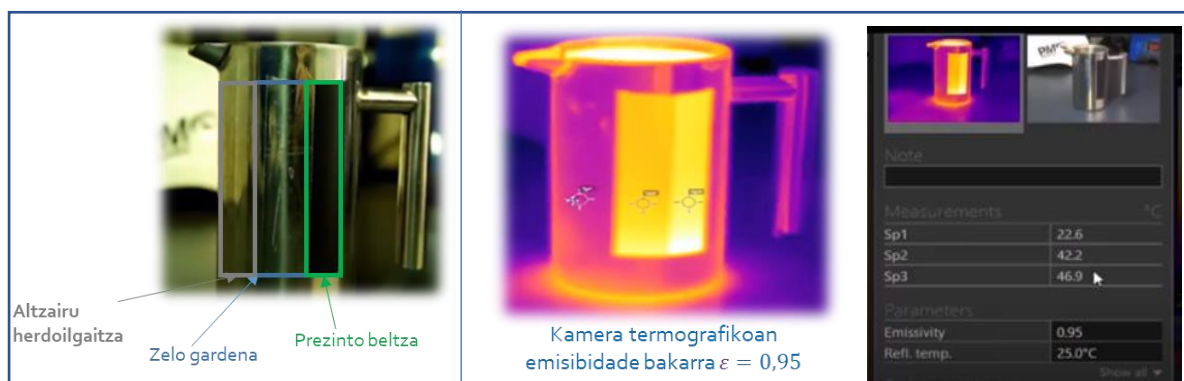
7.1.1. Saiakera esperimentalak. Kamera termografikoa

Azkenean, kamera termografikoa azaldu zitzaion ikaslegoari, gelako zubi termikoak eta materialen erradiazioa detektatzeko tresna gisa. Horretarako, beroa transmititzeko mekanismoak (kondukzioa, konbekzioa eta erradiazioa) labur aipatu eta erradiazio termikoa deskribatu zen, giro tenperaturan dauden objektuen bero igorpenaren espektro infragorria aipatuz.

Kamera termografikoa objektuek emitituriko energia infragorria neurtzeko erabiltzen da, eta beraz, material bakoitzaren emisibitatea zehaztea oso garrantzitsua da akatsak saihestako. Kamerak irudi elektroniko bihurtzen ditu datu horiek, neurtutako objektuaren gainazalaren itxurazko tenperatura erakutsiz.

Emisibidatearen kontzeptua azaltzeko, ondorengo adibidea jartzen da:

Bedi altzairu herdoilgaitzeko pitzer bat 60°C-eko ur beroarekin; ondorioz, pitzerraren gainazalak 60°C inguru izango du. Gainazalean zelo gardena eta prezinto beltza jartzen dira, ikus 12. Irudia.

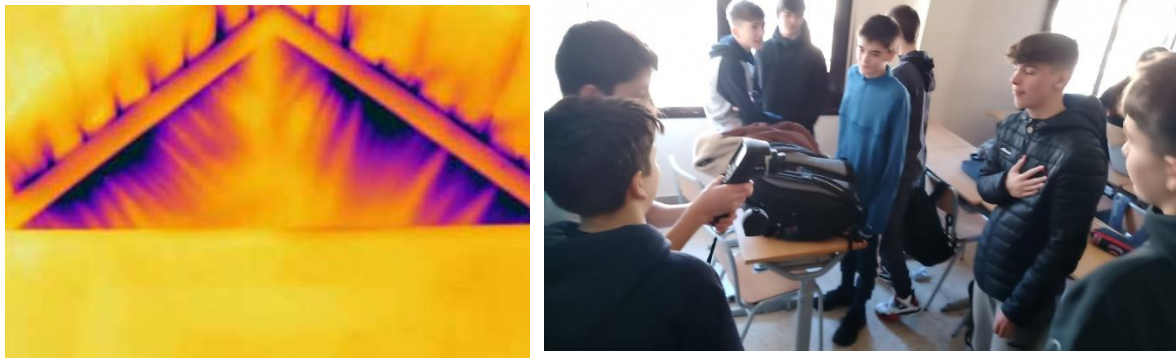


12. Irudia: (a) altzairu herdoilgaitzeko pitzerra zelo gardenarekin eta prezinto beltzarekin. (b) kamera termografikoarekin argazkia (c) emaitzak

Ezaguna da altzairu herdoilgaitzak, zelo gardenak eta prezinto beltzak emisibidade ezberdinak dituztela: $\epsilon_{altzairu} < \epsilon_{zelo} < \epsilon_{beltza}$. Halere, kamera termografikoari emisibidade bakarra erantsen zaio $\epsilon=0.95$ -ekoa (gorputz beltzetik gertu). Ondorioz, kamera termografikoaren emaitzak begiratuz, azalera bakoitzak tenperatura ezberdina

ematen du (nahiz eta denek 60°C inguru daukaten): altzairuak $22,6^{\circ}\text{C}$, zeloak $42,2^{\circ}\text{C}$ eta prezinto beltzak $46,9^{\circ}\text{C}$.
Saiakera honek erakusten du kamera termografikoan gainazalen emisibitatea ondo hautatzea garrantzizkoa dela, emaitza esanguratsuak lortzeko.

Hau guztia azaldu ostean gelako erradiazioaren banaketa aztertu zen, gunee hotzak eta beroak identifikatuz, ikus 13 irudia.

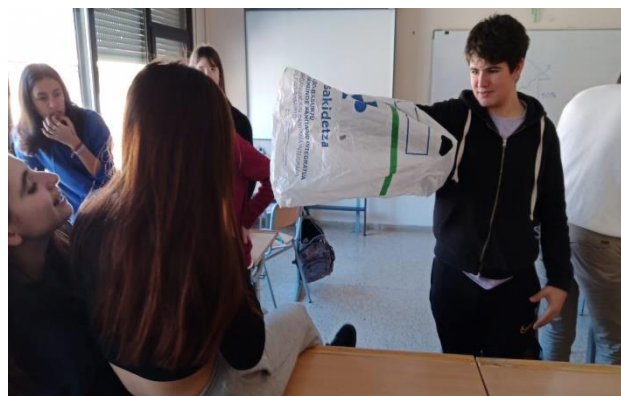
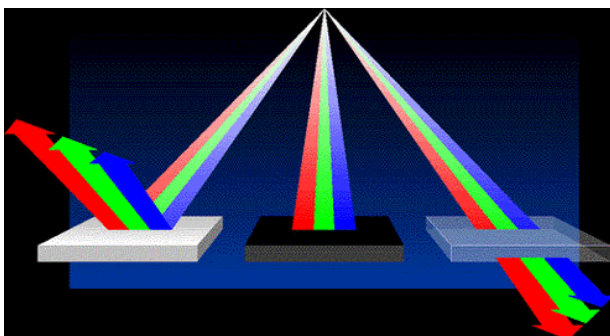


13. Irudia: Kamera termografikoarekin lanean (a) Gelako zubi termikoa, (b) bero trasmisioa konprobatzen

Gainera, objektuetan erasotzen duen erradiazioari erantzuteko erak aipatu ziren: (1) islapena, (2) xurgapena eta (3) transmisioa.

- Azaldu zen gizakien begiek espektro ikusgaiaren ikusten zituztela objektuak (eguzkiaren erradiazioaren uhin-luzeran, hain zuzen) eta uhin luzera horretan objektuak “opakoak”, “gardenak” edo “ispiluak” izan daitezkeela, besteak beste, erasoko erradiazio hori xurgatzeko, transmititzeko edo islatzeko ahalmenaren ondorioz.
- Bestalde, azaldu zen giro tenperaturan dauden objektuek erradiazio infragorria jaulkitzen dutela, eta erradiazio hori kamera termografikoarekin ikus zitekeela, eta objektuak kasu horretan ere, “opakoak”, “gardenak” edo “ispiluak” izan daitezkeela.
- Bi saiakera egin ziren, ikus 14 irudia:
 - Batetik, opakoa zen poltsa baten barruan eskua sartu zen.
 - Giza begiak poltsa “opakoa” ikusten badu ere, kamera infragorriak plastikoa “opako” ikusten du.
 - Bestetik, betaurrekodun ikasle bati argazki termografiko bat eginez, zera ikusi zen:
 - Giza begiak beira “gardena” ikusten badu ere, kamera infragorriak beira “opako” ikusten du.
- Beraz, ondorioztatu zen uhin luzeraren arabera (argi ikusgaiaren vs erradiazio infragorriaren uhin luzera) (1) islapena, (2) xurgapena eta (3) transmisio ahalmenak aldatzen direla.
- Horrela “berotegi efektua” azaldu zen:
 - Elikagaiarentzako negutegiaren estalkiak “gardenak dira” eguzki erradiazioaren argi ikusgaiarentzako baina “opakoak” lurraren erradiazio infragorriarako.

- Mundu mailako berotegi efektua negutegi efektuko gasek sortzen dute fenomeno hau dela eta.



14 Irudia: Islapena, xurgapena eta tranmisioa azaltzeko argazkiak

7.2. EKKLan saioa

Deustuko Ikastolako saioaren ostean, ikasleak Zientzia Azokarako proiektuak lantzen hasi zen, helburu nagusia eskolako energia-efizientzia handitzea izanik.

Ondoren, bigarren saio experimental bat egin zen Eusko Jaurlaritzaren Eraikinen Kalitate Kontrolerako Laborategia bisitatuz. Helburu nagusia ikasleak benetako profesionalak lanean ikustea eta eurekin landutako proiektuak eztabaidatzea zen, ikasleak ikerketaren muinean kokatuz.

Esan bezala, bi taldetan banatu zen bisita: lehenengo taldeak bisita dibulгатiboa egin zuen laborategiko instalazioetan zehar eta, bigarrenak, kongresu estiloko ekintza bat burutu zuen proiektuak elkarbanatzeko.

7.2.1. EKKL arloen bisita

EKKL hiru sail nagusitan banatzen denez, hiru bloketan banatu zen bisita, bakoitza dagokion profesionalaren eskutik:

- Arlo termikoa → Arlo termikoak aholkularitza zerbitzuak ematen dizkie eraikuntzaren sektoreko agenteei, saiakuntzen, azterketen eta monitorizazioen bidez, energia eraginkortasuna eta eraikuntzaren kalitatea bultzatzeko. Eraikuntzako materialen eta elementuen portaera termikoa ezaugarritzen dute, eraikinen produktuak, proiektuak eta sustapenak hobetzeko, beharrezkoa baita zehaztutako prestazio termikoak eta energetikoak bermatzea. 15. Irudian, adibidez, saiakera

batzuen argazkiak agertzen dira. Paslink zeldetan, adibidez, fatxaden eta estalkien jarrera termikoak ezaugarritzen dira kanpo-baldintza dinamikoen arabera.



15. Irudia: Arlo termikoa (a) inguratzailentzako materialak, (2) Paslink zelda dinamikoa (3) guarded box testa

- Arlo akustikoa → Akustikaren arloak araudiak, azterlan akustikoak eta dibulgazioa garatzeko jarduerak egiten ditu, eta sektorearen esku jartzen ditu datu-base akustikoak, gidak, iragarpen-softwarea eta argitalpen interesgarriak. Gainera, laborategi akustiko bat du, eraikinaren elementuak eta sistemak isolatzeko eta soinua xurgatzeko saiakuntzak egiteko. Eremuko saiakuntza akustikoei esker, materialen, produktuen eta eraikuntza-sistemen kalitate akustikoa ebaluatzen da zarataren baitan. Jarduera honek, arlotik garatutako gainerako jarduerekin batera, eraikinen konfort akustikoa bermatzen eta hobetzen laguntzen du. 16. Irudian, esaterako, eremuko saiakera gela baten argazkiak daude, zeinen helburua baita gelaren ezaugarri akustikoak kuantifikatzea eta kualifikatzea.



16. irudia: Eremu akustiko saileko entsaio gelak

- Materialen saila → Sail honetan, trakzio, biskositate, gogortasun eta abarreko saiakuntzak egiten dira, ikuspegi mekanikotik. 17. (1) Irudian, adibidez, etxeke baldosetan garbitasun produktuek eragindako azaleko kalteak ezaugarritzen dira, baldosen ezaugarri mekanikoen arabera.



17. Irudia: (1) Baldosen entsaio baten emaitza, (2) trakzio entsaioa (3) irristatzeko ahalmena neurtzeko makina

Hortaz, esan bezala, ikasleagoak EKKLn egindako lanak ikusi zituzten benetako jarduerekin bat egiteko.

7.2.2. EKKLn kongresua

Beste alde batetik, Deustuko ikastetxeko ikasleekin “kongresu” bat egin genuen, haien kapital zientifikoa handitzeko eta ikasleagoaren parte hartzea nabarmentzeko, ikus 18 irudia.



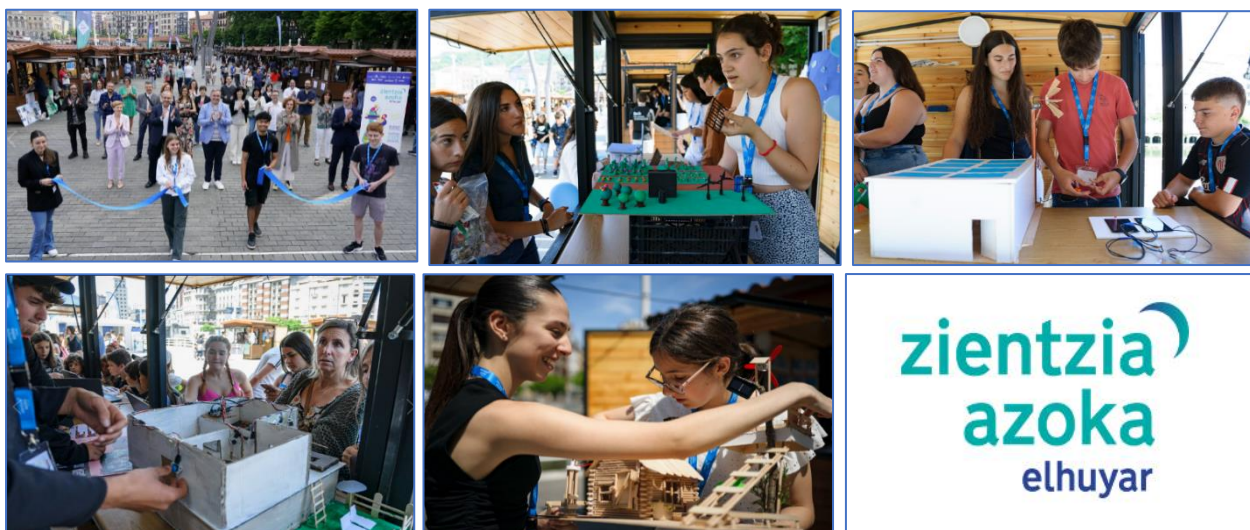
18 Irudia: (1) Ikasleagoarekin kongresua EKKLn, (2) lunch-a ikasleagoarekin

- Kongresu horretan ikasleak taldeka, Zientzia Azokarako egiten ari ziren proiektuak aurkeztu zituzten, energia iturri berriztagarrien erabilera nabarmenduz, batez ere, eraikuntza arloan.
- Ondoren, epaimahai zeuden EKKLko profesionalak galdera batzuk egin zizkioten ikasleagoari eta lana hobetzeko proposamenak mahai gaineratu zituzten.
- Bukatzeko, lunch antzeko bat egin zen euren ekarpenak eskertzeko asmotan.

7.3. Zientzia Azoka Bilbon

Ikaslegoak egindako proiektuak 2023ko Zientzia Azokan aurkeztu zituzten.

Zientzia Azoka, ElHuyar Fundazioak antolatzen du eta gazteek garatutako proiektuen azoka da; ikerketa eta garapena barrutik bizitzeko aukera. 12-18 urteko ikasleek ikerketa-proiektu bat nahiz proiektu teknologiko bat garatzen dute, taldeka, eta profesionalen laguntzarekin, eta jendaurrean aurkezten dute emaitza. Nagusiki, eskoletan garatutako proiektuak izaten dira, nahiz eta eskolaz kanpo landutakoek ere parte hartzen duten. 2022-2023 ikasturteko Elhuyar Zientzia Azoka ekainaren 2an, 3an eta 4an izan zen, goizez, Bilboko Areatza pasealekuan, ikus 19 irudia.



19 Irudia: zientzia azokako argazki batzuk Bilbon

Honelako ekintzetan ikaslegoa protagonista bilakatzen da eta gizarteari egindako proiektuak erakusten dizkio.

ONDORIOAK

Pertsona batek bizitzan zehar biltzen dituen esperientziak, erreferentziak, ezagutzak eta baliabide zientifikoak eraikitzen dute bere kapital zientifikoa. Zientzia eta teknologia arloko profesionalen genero-parekotasun joerak positiboak badira ere, oraindik ere badira unibertsitateko ikasketa teknikoetan eta ingeniartzako ikasketetan neska-mutilen matrikulakopuruaren arteko aldea mantentzen duten estereotipoak. Hori, beharbada, adin goiztiarretan landu beharreko eredu-faltagatik izan daiteke, batez ere curriculumetik kanpoko jardueretan, ikasleak ingeniartzako jarduera profesionaletan islatzen ez direlako.

Bestalde, irakaskuntza teknikoak interes berezia du gaur egun, arlo horretan trebatutako adituen beharizan industriala eta soziala dela eta. Hala ere, gero eta gutxiago dira karrera teknikoetan matrikulatzen diren pertsonak, eta genero-arrakala oraindik ere handia da, bereziki ingeniartzetan, jaiotza-tasak behera egin duelako eta arlo horietan matrikulatzen diren emakumeen ehunekoa txikia delako. STEM teknikek Zientzia, Teknologia, Ingeniaritza eta Matematika bezalako gai zientifikoetara hurbildu nahi dituzte gazteak. Gakoa da batxilergo eta bigarren hezkuntzako ikasleak eremu horiekin lotzea, etorkizunean karrera bat aukeratzeko interesa eta motibazioa sortzeko.

Master Amaierako Lan hau ElHuyar Fundazioarekin eta ENEDI Ikerketa taldearekin batera egin da eta helburua du gazteengan STEM bokazioak sustatzea, kapital zientifikoa handituz eta erreferenteak sortuz. Horretarako, energia-eraginkortasuna eskola eraikinetan zelan sustatu landu da, energia-auditoretzen bitartez, ikaslegoarekin batera saio eta esperimenduak gauzatu.

Esan bezala, jardueretan zehar STEM gaitasun zientifikoak landu dira energia-efizientzia ikastetxean sustatzeko eta hainbat estrategia erabili dira. Horietan nabarmentzekoa da proiektuetan oinarritutako metodologia, zeinek pentsamendu zientifikoa eta taldeko lana bultzatuz ahalbidetu duen eraikinaren efizientzia handitzeko aukerak aztertzea. Horrela, talde bakoitzak proiektuak landu ditu eskolaren energia-efizientzia bultzatzeko eta Zientzia Azokan aurkezteko.

Proiektu horiek gazteen zientzia/teknologia jakintzekin eta berrikuntzarekin lotutako balioak sustatu dituzte, bai eta gizartearen kultura zientifikoa areagotu ere, hezkuntza-sistemaren, komunitate zientifikoaren, familien eta, oro har, gizartearen artean loturak sortuz. Gainera, zientziaren eta teknologiaren irudi errealistagoa sortu dute eta, horrela, gazteen STEM posizionamenduan eragin positiboa sortu da. Horrela, proiektuak "esperientzia zientifikoak" eskaini dizkie ikasle gazteei, benetako ikerketa-talde baten zuzeneko inplikazioarekin.

Gainera, bestelako ekintza/gaitasun hauek landu dira MAL honetan:

- Kapital zientifikoa handitu da ezagutza tekniko espezifikoa duten ikertzaile batekin eraikinen energia-auditoretzarako esperimenduak gauzatu.
- Gaitasun sozialak landu dituzte, kongresu antzeko ekintzetan, elkarlaneko giro kolaboratiboa sustatu.
- Ekintzailetasunari begira, jasangarritasuna landu da.
- Informazioarekin egin dute lan proiektua gauzatzeko.

Saiakerei dagokienez, blowdoor eta termografia praktikekin, bereziki, interes handia erakutsi zuen ikaslegoak, baita ikertzaileek egin genituen azalpenekin, besteak beste, eraikinaren



energia audiotoretza azaltzean, termografia-kamera erakustean edota berotegi efektua deskribatzean.

Zorionduak izan ginen, gainera, EKKLn egindako kongresu-ekintzagaritik, ikasleoa oso motibatua egon baitzen euren proiektuak azaltzen.

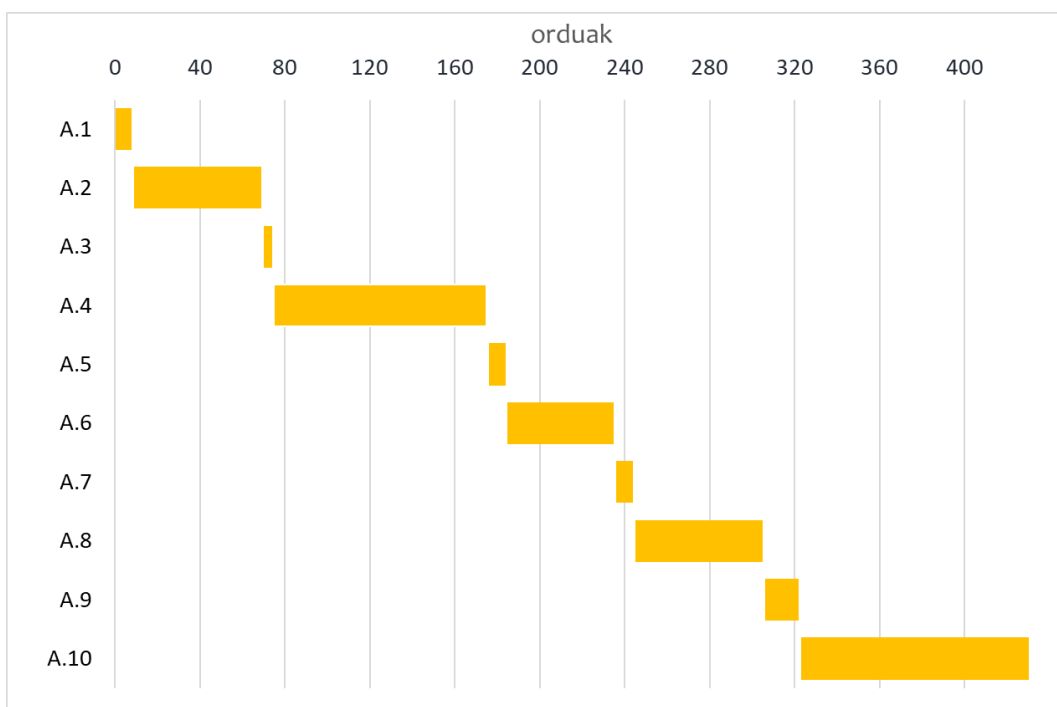
Oro bat, ikaslearentzat, oso aberasgarria izan da energia-eraginkortasunean ezagutza duten profesionalekin lan egitea, hala nola, unibertsitateko irakasleekin, ENEDI ikerketa taldeko kideekin edota Eraikinen Kalitateko Kontrolerako Laborategiko kideekin lan egitea. Bai ikasleentzat bai irakasleentzat motibagarria izan da baita lortutako ezagutzari berezko balioa eman diolako.

LANA GARATZEKO METODOLOGIA

8. Atazen deskribapena. Gantt diagrama.

MALean planteatutako helburuak betetzeko ataza (A) hauek jarraitu dira:

- A.1. 2022/12/06 → ENEDI + ElHuyarreko bilera.
- A.2. 2022/12/07-2023/12/20 → Arte egoera landu.
- A.3. 2023/01/17 → Deustuko Ikastolan bilera.
- A.4. 2023/01/17-2023/02/08 → Hitzaldi dibulгатiborako dokumentazioa prestatu, saiakerak prestatu.
- A.5. 2023/02/09 → Deustuko ikastolara bisita.
- A.6. 2023/02/10-2023/03/08 → Deustuko ikaslegoarekin proiektuak eta kongresua landu.
- A.7. 2023/03/09 → EKKLa bisitatu eta kongresua antolatu.
- A.8. 2023/03/10-2023/04/10 → Saioen ondorioak landu eta ikaslegoaren “mentore” izan
- A.9. 2023/06/03-2023/06/04 → Zientzia Azoka Bilbon.
- A.10. 2023/06/05-2023/07/07 → MAL memoria idatzi



20 Irudia: MALaren Gantt diagrama Atazen arabera



ALDERDI EKONOMIKOA

9. Aurrekontuaren deskripzioa

Atal honetan, MALaren aurrekontua erakusten da, bi taldetan banatuzten da: barne-orduak eta gastuak.

9.1. Barne-orduak

	Ordu Kopurua	Orduko kostua [€/h]	Kostua [€]
Zuzendaria	65	40	2.600
Iker Ortega	430	15	6.450
GUZTIRA			9.050 €

9.2. Gastuak

Barneko orduen kostuez gain, mugikortasunak eragindako gastuak ere kontuan hartu dira; izan ere, bai zuzendaria bai ikaslea beren udalerrietatik EKKLra joan dira, eta baita Deustuko Ikastolara eta ElHuyarreko eraikinerara ere.

	Bidai kopurua	Bidaiko distantzia [km/viaje]	Distantziako kostua [€/km]	Kostua [€]
Zuzendaria	5	124,8	0,6	374,4
Iker Ortega	2	85,6	0,6	102,8
GUZTIRA				477,2 €

10.Eranskina: Zientzia.eus albiste

Proiektu honen emaitza Zientzia.eus webgunean argitaratu da.

<https://zientzia.eus/artikuluak/ikasle-gazteak-eta-ikertzaileak-deustuko-ikastolar/>

zientzia.eus
elhuyar

INGURUMENA OSASUNA BERDINTASUNA PENTSAMENDU KRITIKOA STEAM-HEZKUNTZA AGENDA DEKALOGOAK GAI GUZTIAK Buletina

Sarrera / Artikulu / Ikasle gazteak eta ikertzaileak Deustuko Ikastolaren energia efizientzia sustatzen

Ikasle gazteak eta ikertzaileak Deustuko Ikastolaren energia efizientzia sustatzen

2023/06/29 STEAM-Hezkuntza (Elhuyar Zientzia)

STEAM-HEZKUNTZA

DEUSTUko Ikastolako DBH3 eta DBH4ko ikasleek, Euskal Herriko Unibertsitateko (UPV/EHUko) ENEDI ikertaldearekin batera, eraikinen energia-efizientzia ikertu dute 2022-2023 ikasturtean, ILARGI proiektuaren eta Elhuyarren Zientzia Azoka ekimenaren barruan.

Otsailen, Deustuko ikasleek, Euskal Herriko Unibertsitateko ENEDI ikertaldeko ikertzaileekin batera, energia-efizientziaren nondik norakoak landu zituzten modu aktibo eta kolaboratiboan. Horretarako, ENEDI ikertaldeko kideak ikastolan izan ziren eta eraikinen energia-auditoretzarako hainbat ekintza gauzatu zituzten, ikasleekin batera:

- Energia-efizientzia eraikinetan sustatzeko hitzaldi kolaboratiboa egin zuten.
- Eraikinen instalazio termikoak bisitatu zituzten.
- Kamera termografikoaz baliatuz, gela baten galera termikoak neurtu zituzten.
- Blower-door saiakeraren bitartez, gela baten infiltrazioak neurtu zituzten, era esperimentalean.

Bisita egindako neurketen helburu nagusia eskola-eraikinen energia-efizientzia sustatzeko ekintzak lantzea zen. Gainera, Elhuyar Zientzia Azokarako proiektuak egiteko ideiak proposatu ziren.

Martxoan, energia-efizientzian diharduten profesionalen laborategia bisitatu zuten ikasleek, alegia, Eusko Jauritzako Eraikinen Kalitate Kontrolerako Laborategia (EKKL). Bisita horretan, gazteek EKKLko Sail Termikoa, Akustikoa eta Mekanikoa bisitatu zituzten, eta haietan ikertzaileek zer esperimentu egiten dituzten ezagutu zuten. Horretaz gain, ikasle-talde bakoitzak ENEDiko ikertzaileei Elhuyar Zientzia Azokarako egiten ari ziren proiektuak aurkeztu zizkieten, "Energia-kongresu" baten bidez. Kongresu horretan, ikasleek ENEDiko ikertzaileen proposamenak jaso zituzten, proiektuak hobetzeko.

Martxotik ekainera, gazteek proiektuak lantzen jarraitu zuten eta, ekainaren 2tik 4ra, Deustuko Ikastolako hiru taldek ikasturtean landutako "Etxe Ekoficienteak I", "Etxe Ekoficienteak II" eta "Etxe Ekoficienteak III" proiektuak Elhuyar Zientzia Azokan aurkeztu zituzten.

Horrelako jarduerak oso interesgarriak dira ikasleak zientzialarien tokian jartzeko, zientzialarien eta teknologoaren egunerokoa nolako den ezagutzeko eta ikertzaileek egiten dituzten esperimentu eta ikerketa errealetan parte hartzeko.

ILARGI proiektuak Euskal Herriko Unibertsitateko dirulaguntza eta partaidetza izan du 2022ko Unibertsitatea/Enpresa/Gizartea ikerketa-proiektuen barnean.

enedi elhuyar



BIBLIOGRAFIA

1. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Gobierno de España. Guía Práctica de la Energía. Consumo eficiente y responsable
2. G.España. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. CIENTÍFICAS EN CIFRAS 2017. Estadísticas e indicadores de la (des)igualdad de género en la formación y profesión científica
3. ElHuyar. Educación STEM y profesiones STEM, fuente de inspiración para jóvenes, Elhuyar 2020. STEAM Hezkuntza eta STEM profesioak, gazteak inspiratzeko
4. Maldonado E. editor. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) – featuring country reports 2012, European U. Brussels; 2013, p. 372
5. Flores Larsen, S. E., & Hongn, M. E. (2012). Termografía infrarroja en la edificación: aplicaciones cualitativas.
6. BUTALA, Vincenc; NOVAK, Peter. Energy consumption and potential energy savings in old school buildings. *Energy and buildings*, 1999, vol. 29, no 3, p. 241-246.
7. CORRADO, Vincenzo, et al. A new procedure of energy audit and cost analysis for the transformation of a school into a nearly zero-energy building. *Energy Procedia*, 2017, vol. 140, p. 325-338. APELLIDO1, L. *Ejemplo de referencias para título libros*. Madrid: Alfaguara, 1978. 718 p. (Ed. Reverté)
8. Ragab, K. M., Orhan, M. F., Saka, K., & Zurigat, Y. (2022). A Study and Assessment of the Status of Energy Efficiency and Conservation at School Buildings. *Sustainability*, 14(17), 10625.
9. Raatikainen, M., Skön, J. P., Leiviskä, K., & Kolehmainen, M. (2016). Intelligent analysis of energy consumption in school buildings. *Applied energy*, 165, 416-429.
10. Rospì, G., Cardinale, N., Intini, F., & Negro, E. (2017). Analysis of the energy performance strategies of school buildings site in the Mediterranean climate: A case study the schools of Matera city. *Energy and Buildings*, 152, 52-60.
11. Zanni, D., Righi, A., Dalla Mora, T., Peron, F., & Romagnoni, P. (2015). The Energy improvement of school buildings: analysis and proposals for action. *Energy procedia*, 82, 526-532.
12. Ma, H., Lai, J., Li, C., Yang, F., & Li, Z. (2019). Analysis of school building energy consumption in Tianjin, China. *Energy Procedia*, 158, 3476-3481.
13. Gong, Q., Liu, X., Zeng, Y., & Han, S. (2022). An energy efficiency solution based on time series data mining algorithm on elementary school building. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 17, 356-372.
14. Delvaeye, R., Ryckaert, W., Stroobant, L., Hanselaer, P., Klein, R., & Breesch, H. (2016). Analysis of energy savings of three daylight control systems in a school building by means of monitoring. *Energy and Buildings*, 127, 969-979.
15. Ma, L., Luo, H., Liao, X., & Li, J. (2022). Impact of Gender on STEAM Education in Elementary School: From Individuals to Group Compositions. *Behavioral Sciences*, 12(9), 308.
16. Peterman, K., Kermish-Allen, R., Knezek, G., Christensen, R., & Tyler-Wood, T. (2016). Measuring student career interest within the context of technology-enhanced STEM

- projects: A cross-project comparison study based on the Career Interest Questionnaire. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 833-845.
17. Lee, L. S., Lin, K. Y., Guu, Y. H., Chang, L. T., & Lai, C. C. (2013). The effect of hands-on 'energy-saving house' learning activities on elementary school students' knowledge, attitudes, and behavior regarding energy saving and carbon-emissions reduction. *Environmental Education Research*, 19(5), 620-638.
 18. DiMatteo, J., Radnitz, C., Zibulsky, J., Brown, J., Deleasa, C., & Jacobs, S. (2014). Is energy conservation education effective? An evaluation of the PowerSave Schools Program. *Applied Environmental Education & Communication*, 13(2), 99-108.
 19. Blunck, D. L. (2022). Applications of infrared thermography for studying flows with participating media. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 130, 110502.
 20. Dumitrescu, L., Baran, I., & Pescaru, R. A. (2017). The influence of thermal bridges in the process of buildings thermal rehabilitation. *Procedia Engineering*, 181, 682-689.
 21. Choi, J. S., Kim, C., Jang, H., & Kim, E. J. (2022). Dynamic thermal bridge evaluation of window-wall joints using a model-based thermography method. *Case Studies in Thermal Engineering*, 102117.
 22. Pedram, M., Taylor, S., Hamill, G., Robinson, D., O'Brien, E. J., & Uddin, N. (2022). Experimental evaluation of heat transition mechanism in concrete with subsurface defects using infrared thermography. *Construction and Building Materials*, 360, 129531.
 23. Sarawade, A. A., & Charniya, N. N. (2018, October). Infrared thermography and its applications: a review. In *2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)* (pp. 280-285). IEEE.
 24. Carpineti, M., Cazzaniga, L., Perotti, L., Giliberti, M., Cavinato, M., & Ludwig, N. (2019). Embedding physics into technology: infrared thermography and building inspection as a teaching tool—a new participated strategy approach to the physics of heat transfer and energy saving for professional schools. *Canadian Journal of Physics*, 97(9), 1019-1026.
 25. Martín-Garín, A., Millán-García, J. A., Hidalgo-Betanzos, J. M., Hernández-Minguillón, R. J., & Bairi, A. (2020). Airtightness analysis of the built heritage—field measurements of nineteenth century buildings through blower door tests. *Energies*, 13(24), 6727.
 26. Kauppinen, T. A., Siikanen, S., Vähäsöyrinki, E., & Seppänen, M. (2011, October). The use of building own ventilation system in measuring air tightness. In *Joint Conference 32nd AIVC Conference and 1st TightVent Conference Towards Optimal Airtightness Performance* (pp. 12-13).
 27. Zheng, X., Cooper, E. W., Mr, J. M., Mr, I. W., & Wood, C. J. (2019). Experimental insights into the airtightness measurement of a house-sized chamber in a sheltered environment using blower door and pulse methods. *Building and Environment*, 162, 106269.
 28. Hsu, Y. S., Zheng, X., Cooper, E., Gillott, M., & Wood, C. J. (2021). Evaluation of the indoor pressure distribution during building airtightness tests using the pulse and blower door methods. *Building and Environment*, 195, 107742.