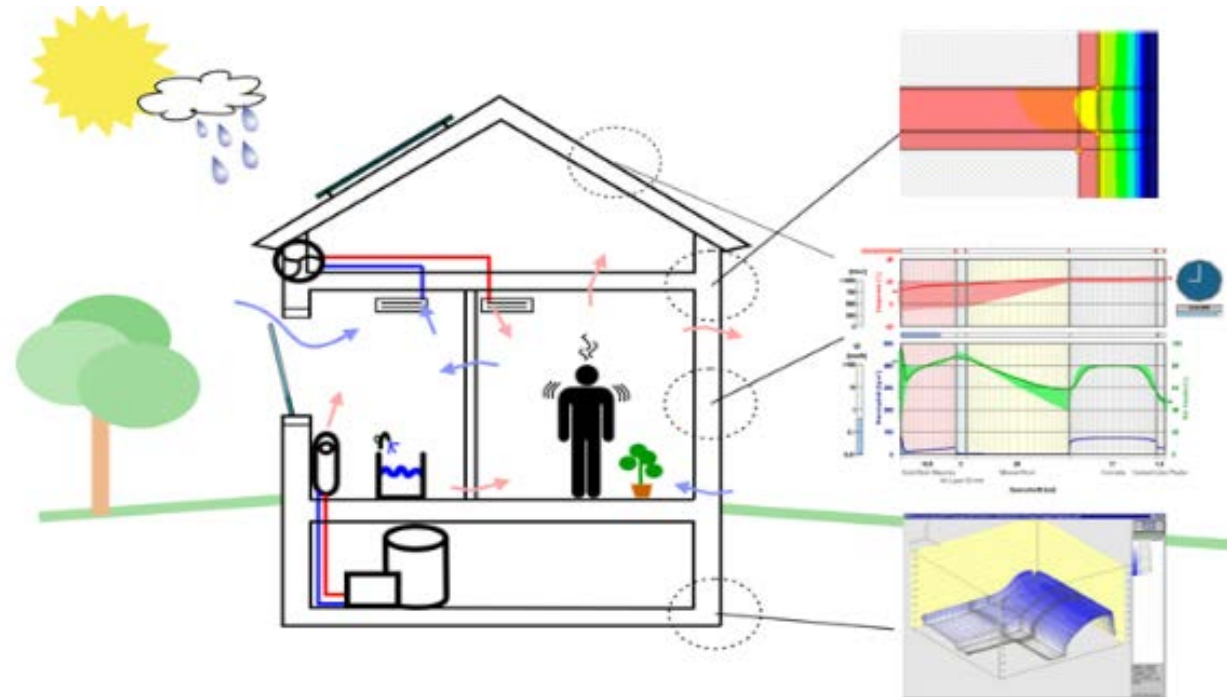




## Eraikinen fisika: Bero- eta masa-transferentzia itxituratan



- Iñaki Gómez Arriaran
- Moises Odriozola Maritorea
- Koldobika Martín Escudero
- Estibaliz Pérez Iribarren
- Joseba Gainza Barrencua
- Aitor Erkoreka González

Figura: Fraunhofer Institute for Building Physics IBP  
[https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/04/800x321\\_WUFI-Plus-Schaubild.png](https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/04/800x321_WUFI-Plus-Schaubild.png)



5 Gaia -

## **AIRE-INFILTRAZIOAK ERAKINETAN**

## SARRERA

- SARRERA
  - Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia
  - Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena
  - Airearen mugimenduaren oinarriak
  - Aire-ihesen banaketa eraikinetan
  - Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa
  - Aire-infiltrazioen kalkulua

- Helburuak
  - Aire-infiltrazioak eta aireztapenari dagozkion terminologia behar bezala definitzea
  - Pitzadurak sailkatu eta ezaugarriak definitu
  - Airearen mugimenduaren oinarriak eta mekanismoak definitzea
  - Aire-ihesak non dauden adierazi
  - Inguratzailearen iragazkortasuna eta aire-emia zehazteko saiakuntza-metodoak deskribatzea
  - Kalkulu-metodo garrantzitsuenak garatzea

## Sarrera

- Aire-infiltrazioen garrantzia
  - Aireztapen eraginkorra
  - Barneko airearen kalitatea
  - Energia aurreztea
  - HVAC sistemen diseinua

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aire berria
  - Barruko aire kutsatua, kanpoko aire garbiaz ordezkatzea
  - Energia-galera dakar
  - Aireztapenaren edo aire-infiltrazioen bidez egin daiteke

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aireztapen-aria
  - Airea berritzean erabilitako airea da
  - Aireztapen-aria hurrengoez osatuta dago:
    - Aireztapen naturala
    - Aireztapen behartua
    - Aireztapen hibridoa
    - Aire transferentzia



## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aireztapena
  - Kanpo-ingurunetik eraikinera nahita airea sartzen denean
    - Aireztapen naturala
    - Aireztapen mekanikoa
    - Aireztapen hibridoa

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aireztapen naturala
  - Modu naturalean sortutako presio-diferentziaren ondorioz gertatzen da:
    - Leihoak irekiz
    - Ateak irekiz
    - Aireztapen-saretak
    - Nahita jarritako edozein irekidura

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aireztapen mekanikoa
  - Sistema mekanikoak erabiliz sortzen denean presio-diferentzia
    - Haizagailuak
    - Erauzgailuak

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aire-infiltrazioa
  - Aire-ihes bezala ere izenda ditzakegu
  - Lokal baten barrura kanpotik sartzen den airea
  - Pitzadura eta nahi gabeko irekiduren bitartez gertatzen da
  - Eraikinaren barruko eta kanpoko presio-diferentziaren ondorioz gertatzen dira

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aire-exfiltrazioa
  - Lokal baten barrutik kanpora irteten den airea da
  - Pitzadura eta nahi gabeko irekiduren bitartez gertatzen da
  - Eraikinaren barruko eta kanpoko presio-diferentziaren ondorioz gertatzen dira

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aire-transferentzia
  - Eraikina barruko lokal batetatik beste batetara doan airea da
  - Nahita edo nahi gabe gerta liteke

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Aireztatzeko moduaren arabera aldatzen dira:
  - Eraikineko energia-kontsumoa
  - Barneko airearen kalitatea
  - Erosotasun termikoa
- Aire-filtrazioak eraikina bat aireztatzeko modurik okerrena dira

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Merkataritza-eraikinak, bulego-eraikinak eta eraikin instituzionalak presurizatu egiten dira, infiltrazioak saihesteko
- Aireztapen-sistema mekanikoen bidez egiten da
- Sistema horiek ahalmen handia dute aire-berritzea kontrolatzeko
- Etxebizitzetan, airea berritzeko, aireztapen naturala eta infiltrazioak erabili izan dira
- Honek ez du bermatzen eraikinaren aireztapena egokia izango denik urte osoan zehar



## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Leihoak irekitzeak barneko airearen tenperatura eta kalitatea kontrolatzeko aukera ematen die okupatzaileei
- Aire-infiltrazioek barneko airea berritzen laguntzen dute
- Baina kontrolik gabe egiten da aire-berritzea
- Aire-infiltrazioak eragiten dituzten mekanismoak kontutan izanik, infiltrazio gehiago izango ditugu, gutxien nahi ditugunean

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- Barneko eta kanpoko airearen tenperaturen arteko diferentzia zenbat eta handiagoa izan, orduan eta infiltrazio gehiago izango ditugu
- Honek energia-kontsumoa handitzea dakar
- Eraikinei dagokien energia-kontsumoak, kontsumo totalaren zati handi bat suposatzen du

## Oinarrizko kontzeptuak eta terminologia

- 1970 hamarkadako krisi energetikoa dela eta, eraikinetan energia-kontsumoa murrizteko bi neurri nagusi hartu ziren:
  - Inguratzailean zeharreko bero galerak murriztea
  - Aire-infiltrazioak murriztea
- Azken neurri honek ondorio txar bat ekarri zuen:
  - Barneko aire kalitate txarra

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakala edo pitzaduren kokapena
  - Entxufeak eta kableak
  - Hodi eta tutueria pasabideak
  - Pareten eta sabaien arteko elkarguneak
  - Leiho eta ateen elkartzek
  - Pertsiana-kaxak
  - Shunt eta ebakuazio-saretak

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakala bat zeharkatzen duen aire-emia hurrengo faktoreen menpekoa da
  - Arrakalaren tamaina eta konfigurazioarena
  - Pitzaduran zeharreko aire-fluxuaren ezaugarrien araberakoa
  - Pitzaduran zeharreko presio-diferentziarena
  - Arrakalaren temperaturarena

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakaletan zeharreko fluxua oso konplexua da
- Hala ere, aire-emia balioesteko erabiltzen diren ekuazioak oso sinpleak dira
- Ekuazio hauek arrakalaren tamainaren menpeko dira
- Neurketa metodoak sinpleak dira

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakala handiak
  - 10 mm baino handiagoak (BS 5925-ren arabera)
  - Leiho eta ateetan aurkitzen dira
  - Presio-diferentzia balioen ditugunean, fluxua zurrunbilotsua izaten da

$$Q = C_d \cdot A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakala handiak
  - $C_d \cdot A$  : Aire-ihesen azalera eraginkorra
  - Sorbatz forma duten arrakalen kasuan  $C_d \cdot A = 0,61$
  - Pitzadura gehienek ez dute baldintza hau betetzen



## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakala txikiak
  - Sakonerarekin konparatuz txikiak izaten dira
  - Fluxu laminarra izaten da
  - Hurrengo ekuazioaren bitartez kalkula dezakegu aire-emaria

$$Q = \frac{b \cdot h^3}{12\mu \cdot L} \Delta p$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Bitarte tamaina duten arrakaletan, fluxua trantsiziokoa izaten da
- Erabiltzen den ekuazioa beraz, aurrekoen arteko konbinaketa bat izaten da

$$Q = C \cdot \Delta p$$

- Ekuazio hau, arrakala handi eta txikietan erabiltzen diren ekuazioen oso antzekoa da
- Aire-infiltrazioak kalkulatzeko erabiltzen diren software gehienetan erabiltzen da

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Aurreko ekuazioa hodi eta tutueriatan zeharreko fluxuak aztertzeke erabiltzen diren ekuazioetatik lor dezakegu
- Hodietan zehar karga galera

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (*)$$

- Hodian zehar emaria

$$Q = v \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Marruskadura-faktorea

$$\lambda = \frac{A}{Re^M}$$

- Reynolds-en zenbakia

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Azken hiru ekuazioak (\*) -en ordezkatzuz:

$$Q = \left[ \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( 2 \frac{d^{M+1}}{A \cdot L} \right)^{\frac{1}{2-M}} \right] \cdot \left[ \nu^{\frac{-M}{2-M}} \cdot \rho^{\frac{-1}{2-M}} \right] \cdot \Delta p^{\frac{1}{2-M}}$$

baldin eta

$$n = \frac{1}{2 - M}$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Aurreko ekuazioa honela berridatz dezakegu

$$Q = C_s \cdot \rho^{-n} \cdot \vartheta^{1-2n} \cdot \Delta p^n$$

- “ $C_s$ ” eta “ $n$ ” entsegu bidez lor ditzakegu eta eraikinaren ezaugarrien araberakoak dira, eta beraz konstanteak
- Dentsitatea eta biskositatea temperaturaren funtzio kontsidera ditzakegu

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- “n”-ren balioak “0,5” eta “1” balioen artean egongo dira beti
- Esperimentalki lortzen da

$$0,6 < n < 0,7$$

- Neurketarik ezin bada egin, onargarria kontsideratzen da

$$n = 0,67$$

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Airearen propietate termofisikoak kontutan hartzeko hurrengo zuzenketa faktorea erabiltzen da

$$K_Q = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{-n} \cdot \left(\frac{\vartheta}{\vartheta_0}\right)^{1-2n}$$

- Aire gal ideala dela kontsideratuz, eta presio-diferentzia txikia denez

$$K_Q = \left(\frac{T}{T_0}\right) \cdot \left(\frac{T_0 - 136}{T - 136}\right)^{2n-1}$$



## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakalako tenperatura hurrengo aldagaien funtzio da:
  - Eraikinaren barruko tenperatura
  - Kanpo-inguruneko tenperaturarena
- Arrakala edo pitzaduraren kokalekuan definitzen du neurri handi batetan bere tenperatura

## Eraikinetako arrakalen ezaugarriak eta sailkapena

- Arrakalen sailkapena
  - Kokalekuaren arabera
  - Forma eta tamainaren funtzio
- Praktikan, oso zaila da formaren arabera sailkatzea arrakalak

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Presio-diferentziaren ondorioz mugitzen dira jariakinak, eta beraz airea
- Presio-diferentzia hurrengo faktoreen ondorioz sortzen da:
  - Haizearen eragina
  - Barneko eta kanpoko airearen tenperatura diferentziagatik
  - Aireztapen-sistema mekanikoak

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Haizearen eragina
  - “ $C_p$ ” koefizientea erabiliz kontsideratzen da
  - Eraikinaren inguratzailan presioaren banaketa definitzen
  - Balio positibo eta negatiboak har ditzake
- “ $C_p$ ”-ren balio hurrengo faktoreen menpekoa da:
  - Eraikinaren geometria
  - Haizearen abiadura eta norabidearena
  - Haizearekiko esposizio maila

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Haizeak presio-diferentziari egiten dion ekarpena hau izango da:

$$p_w = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho_0 \cdot v^2(z)$$

- Barneko eta kanpoko tenperatura diferentziaren efektua:
  - Airearen dentsitatean eragina du
  - Temperatura diferentzia zenbat eta handiagoa izan, orduan eta handiagoa da presio-diferentzia

$$\Delta p = (p_i - p_o) = (\rho_o - \rho_i) \cdot g \cdot h = \rho_o \left(1 - \frac{T_o}{T_i}\right) \cdot g \cdot h$$

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Haizearen eta tenperatura diferentziaren efektu konbinatua
  - Presio-diferentzia totala

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

- Efektu bakoitzari dagokion aire-emarien arteko batuketa egiten da
- Hau ez da zehatza
- Soluzio erreala modu iteratiboan kalkulatu beharko litzateke

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Proposatutako metodoak:

$$Q_t = Q_w + Q_s$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{2}} + Q_s^{\frac{1}{2}} \right]^2$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} + B \cdot (Q_w \cdot Q_s)^{\frac{1}{2n}} \right]^n$$

## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Metodo bakoitza erabiliz lortzen diren emaitzak, gas-trazatzaileak erabiliz egindako neurketen emaitzekin konparatzen dira
- Bigarren aukera dela egokiena ondorioztatzen da eredu sinplifikatuetan erabiltzeko, arrazoiak:
  - Sinpletasuna
  - Zehaztasuna
- Eredu konplexuagoetan hirugarren aukera erabiltzen da

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{2}} + Q_s^{\frac{1}{2}} \right]^2$$



## Airearen mugimenduaren oinarriak

- Esan bezala, presio-diferentzia hurrengo efektuen konbinazioz sortzen da:

- Haizea
- Barneko eta kanpoko airearen tenperatura diferentziagatik
- Aireztapen-sistema mekanikoak, orekatuak

$$Q_t = Q_{fb} + \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

- Aireztapen-sistema mekanikoa orekatuta ez badago:

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} + Q_{fu}^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

## Aire-ihesen banaketa eraikinetan

- Ikerketa lan asko saiatu da banaketa hau determinatzen
- Kokapena eta aire-infiltrazio totalekiko erlazioa
  - Hormetan (18 – 50%): Itxituren arteko elkarguneak, entxufe elektrikoak eta hodian pasabidea
  - Sabaiak (3 – 30%): Arazoa handia izan liteke eraikinetako azken solairuetan. Argiztapen elementuak, kable eta hodian pasabideak

## Aire-ihesen banaketa eraikinetan

- Aireztapen-sistemak (3 - 28%): Presio-diferentzia sistema hauetan zehar, eraikinaren inguratzailean zehar izan dezakeguna baino 10 aldiz handiagoa izan liteke
- Leiho eta ateak (6 – 25%): Klasearen araberakoa da
- Tximiniak (30%): Tranpolak eta babes-gailuak erabil daitezke. Tapoiak dira eraginkorrenak
- Erauzketa-saretak(2 – 12%): Tranpolarik ez badute edo ez badute ondo ixten.
- Airearen difusioa (1%)

## Aire-ihesen banaketa eraikinetan

- Aire-ihesak detektatzea eta karakterizatzea
  - Ate-haizagailua saiakuntza, eraikinaren estankotasuna ezagutzeko
  - Atzerrian oso hedatuta dago honen erabilera
  - Euskal Herrian ere asko erabiltzen da

## Aire-ihesen banaketa eraikinetan

- Entsegu asko egin denez ate-haizagailu sistema erabiliz, datu-base handia dago entsegu horien emaitzekin osatua
- Datu horien analisiak determinatzen du ze faktorek duten eragin handiena
  - Eraikitze-urtea
  - Tamaina
  - Kokapena
  - Hoditeriaren presentzia
  - Eraikuntza mota

## Aire-ihesen banaketa eraikinetan

- Hala ere, faktore garrantzitsuenak hurrengoak dira:
  - Eraikitze-urtea
    - Eraikinaren zahartze-prozesua
    - Eraikuntza-prozesuen eboluzioa
    - Araudietan aldaketak
  - Eraikinaren tamainak, bere konplexutasunean du eragina

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

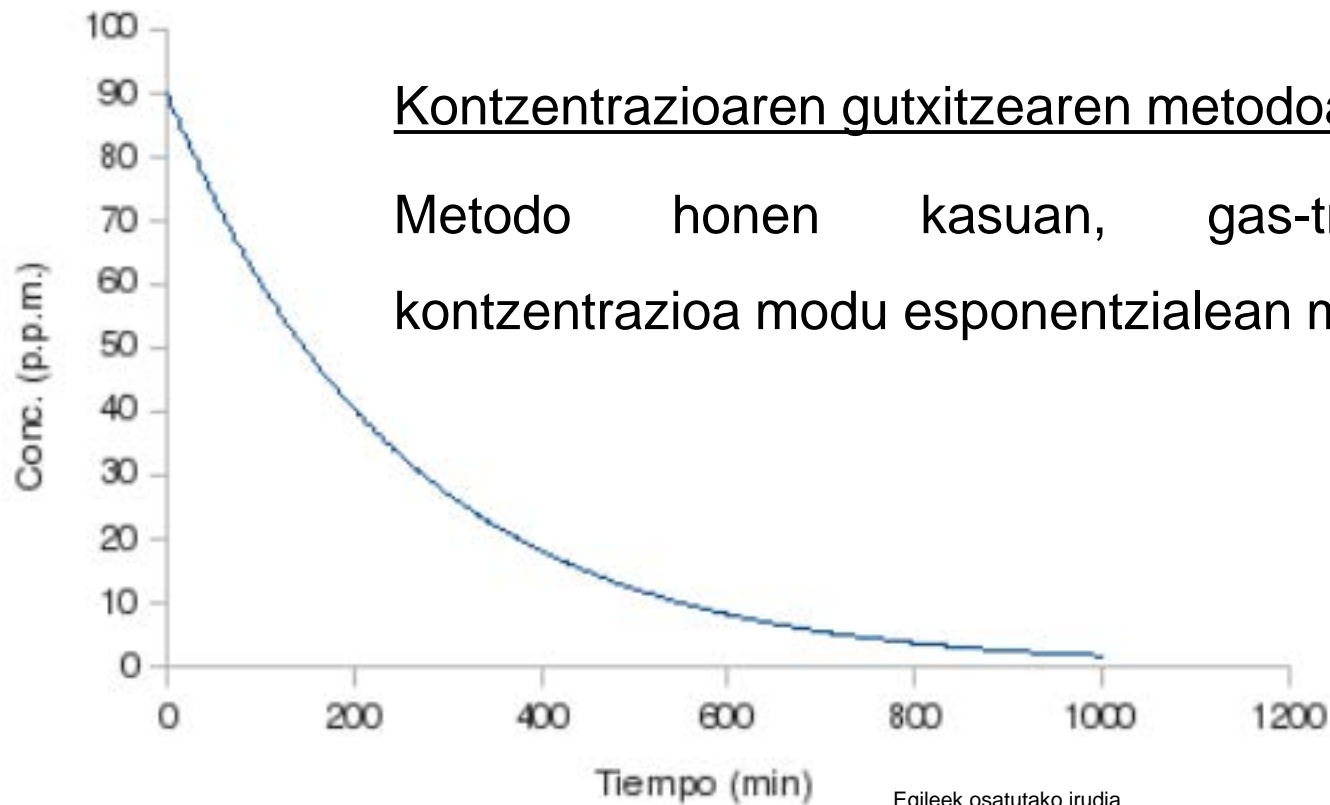
- Garrantzitsua da aire-infiltrazioak neurtzea, ager daitezkeen arazoak zuzentzeko
- Teknologia eta metodo berriek neurketa prozesua asko errazten dute eta zehatzagoak dira
- Lor dezakegun informazioa, eraikina xehetasunez ezagutzeko baliagarria da
- Aire-infiltrazioen neurketa zuzena
  - Gas-trazatzaileen metodoa  $\Rightarrow$  UNE-EN ISO 12569

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikina edo lokalaren prestaketa
- Gas-trazatzailearen igorpena
- Gasaren kontzentrazioaren eboluzioaren neurketa
- Metodo desberdinak erabil ditzakegu:
  - Kontzentrazioaren gutxitzearen metodoa
  - Igorpen konstantearen metodoa
  - Kontzentrazio konstantearen metodoa
- UNE-EN ISO 12569 arauak, lehenengo metodoa besterik ez du deskribatzen



## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

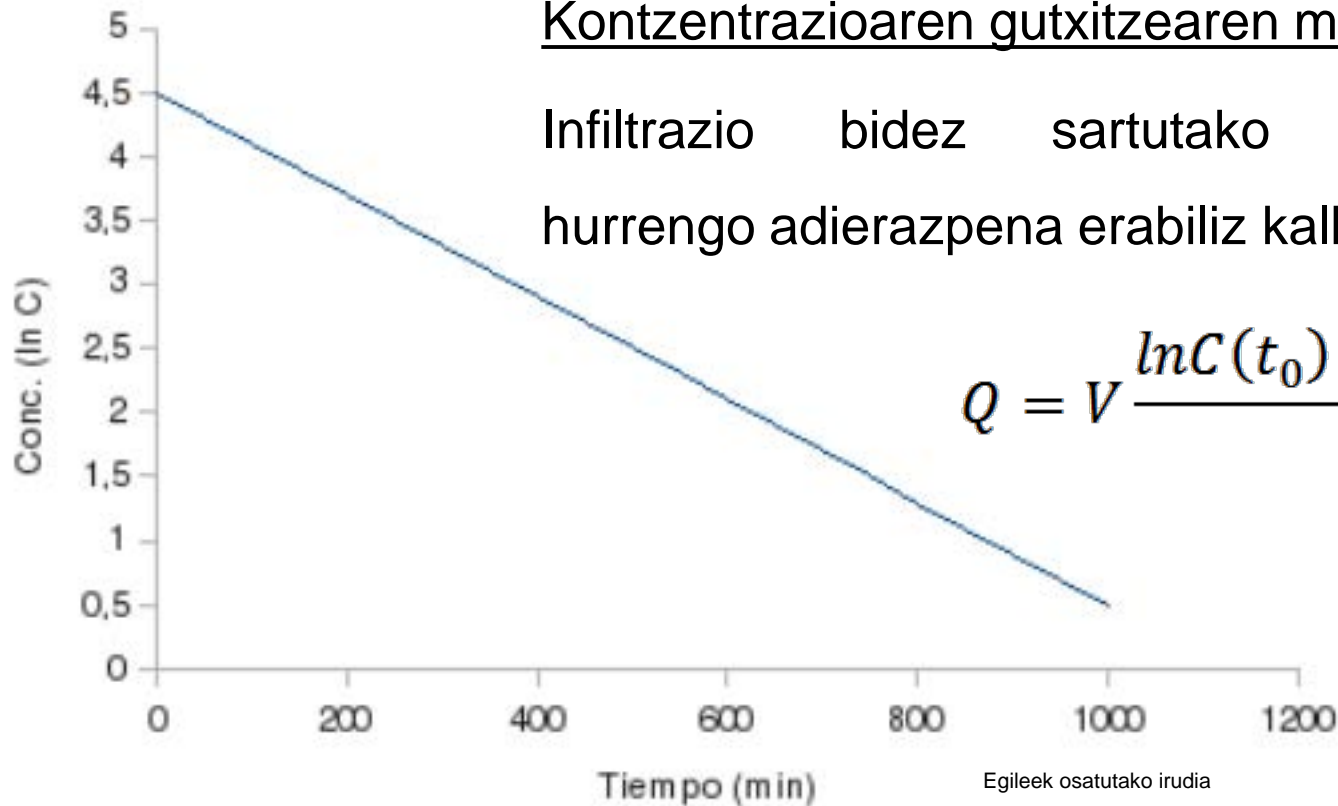


## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

Kontzentrazioaren gutxitzearen metodoa:

Infiltrazio bidez sartutako aire-emaria hurrengo adierazpena erabiliz kalkulatu da:

$$Q = V \frac{\ln C(t_0) - \ln C(t_i)}{t}$$



Egileek osatutako irudia

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Entseguaren zehaztasuna honako faktore hauen menpekoa da
  - Gasaren igorpen eta distribuzio prozesua
  - Lokaleko aire-laginketa egiteko modua
  - Kanpo-inguruneko haize eta tenperatura aldaketak
  - Gasaren kontzentrazio neurtzeko modua

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Aire-infiltrazioen ondorioz gertatzen den eraikineko lokalen arteko aire-transferentzia kalkulatu dezakegu

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = G_i + \sum_{j=1}^n Q_{ij} \cdot C_j \cdot (1 - \delta_{ij}) - Q_{ei} \cdot C_i - \sum_{j=1}^n Q_{ji} \cdot C_i \cdot (1 - \delta_{ij})$$

$$Q_{ei} + \sum_{j=1}^n Q_{ji} = Q_{iei} + \sum_{j=1}^n Q_{ij}$$

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Ekuazio-sistema ebatzi ahal izateko hurrengo metodoetako bat aplikatu behar da
- A metodoa
  - Igorpen konstantea zona edo lokaletako batetan
  - Kontzentrazioa zona guztietan neurtu
  - Gasaren igorpen konstantearen emaria aldatu

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- B metodoa
  - Kontzentrazioaren gutxitze metodoa zonetako batetan aplikatu
  - Gainontzeko zonetan gasaren kontzentrazioa neurtu
  - Prozedura berdina zona bakoitzean aplikatu

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- C metodoa
  - Gas-trazatzaile desberdin bat erabili zona bakoitzean
  - Aplikatu metodoetako bat zona guztietan
  - Zona bakoitzean gasen kontzentrazioa neurtu

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Estankotasunaren neurketa
  - Eraikinaren inguratzailleak edo haren osagaiek, aireari pasatzerakoan eragiten dioten erresistentzia zehaztu behar da
  - Bi modutara egin dezakegu
    - Ate-haizagailua saiakuntza erabiliz
    - Dinamikoki eraikina presiopean jarriz



## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Lehenengo metodoa urte askoan erabili da herrialde askotan
- Herrialde askotan eraikina bukatzerakoan egin beharreko entsegua da
- Bigarren metodoa berriagoa da eta ez da hain erabilia
- Konplexuagoa da

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Ate-haizagailua saiakuntza
  - UNE-EN 13829 arauak deskribatzen du
  - Eraikina prestatu egin behar da entsegua egin aurretik
  - Eraikina gainpresioan ala depresioan jar dezakegu, normalean biak egiten dira
  - Eraikinaren barneko eta kanpoko presio desberdinak inposatzen dira
  - Presio-diferentzia horiek lortzeko beharrezkoa den aire-emaria neurtzen da haizagailuan

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Kanpo-inguruneko baldintzek entseguaren emaitzetan eragina dute
  - Kanpoko eta barneko aireen arteko tenperatura diferentzia
  - Haizearen abiadura
- Haizearen aldakortasunaren ondorioz sortutako efektuak sahiesteko, presio-diferentzia minimoa 10 Pa da

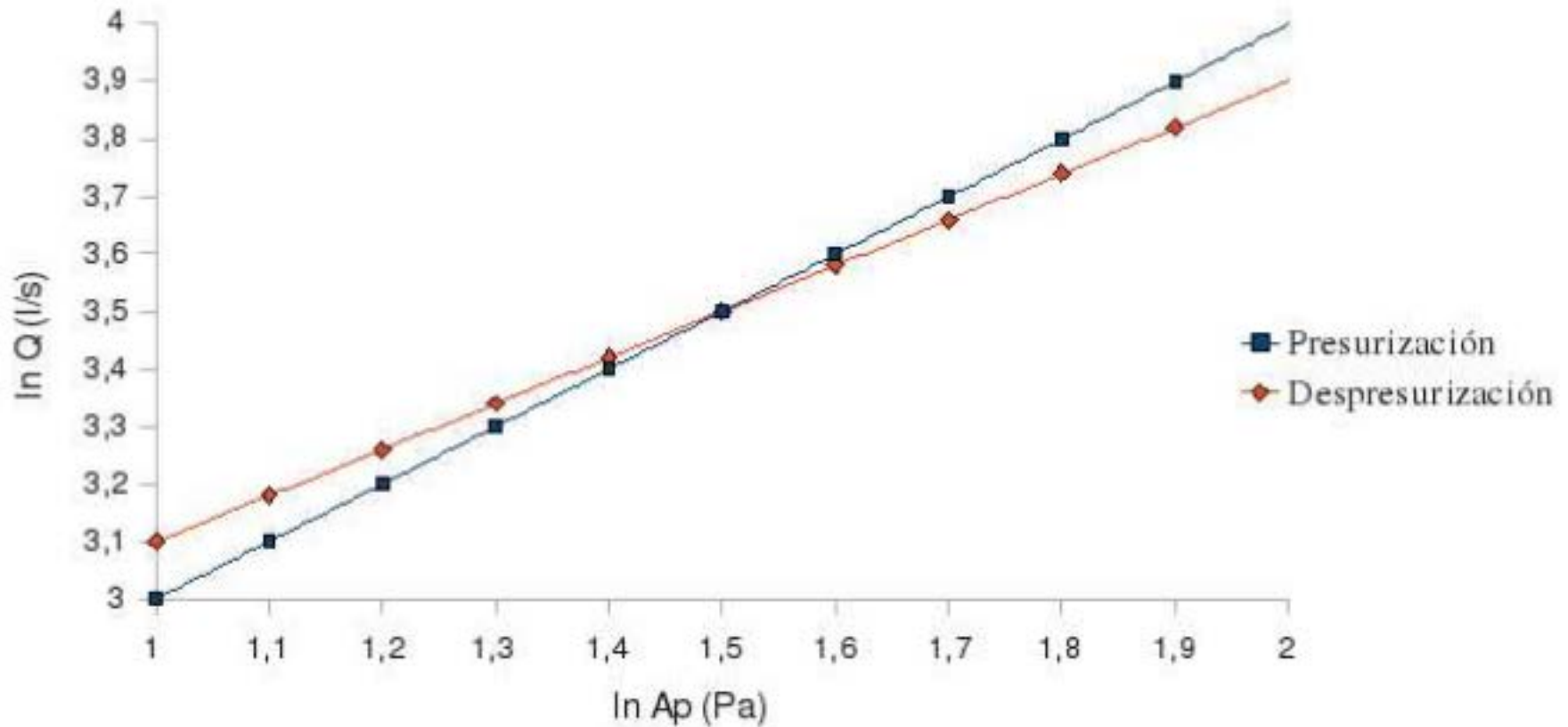
## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Familia bakarreko etxebizitzak eta beste eraikin txiki batzuk
  - Presio-diferentzia maximoak gutxienez 50 Pa izan behar du
- Eraikin handiak
  - 4000 m<sup>3</sup> baino bolumen handiagoa dutenak
  - Presio-diferentziak ahalik eta handiena izan behar du
  - Presio-diferentzia maximo minimoak gutxienez 25 Pa izan behar du

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- 5 presio-diferentzia desberdinen aire-infiltrazio emariak neurtzen dira
- Eraitza zehatzagoak lortzen dira presio-diferentziak altuagoak direnean
- Gainpresio eta depresio entseguak egiterakoan, eraitza desberdinak lortzen dira, arrakalaren erresistentzia desberdina baita norantza batetan ala bestean
- Oso baliagarria da eraikin baten erreformak ebaluatzeko

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa



Egileek osatutako irudia

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikin desberdinetan lortzen diren emaitzak konparagarriak izatea beharrezkoa da
- Horretarako, presio-diferentzia balio konkretu batzuk erabiltzen dira
  - 50 Pa eta 4 Pa dira erabiliak
  - Baina 25 Pa eta 1 Pa ere erabiltzen dira

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Barneko aire bolumena ( $V$ )
- Inguratzailearen azalera ( $A_E$ )
- Lurzoruaren azalera netoa ( $A_F$ )

- Airearekiko iragazkortasuna:

$$q_{50} = \frac{Q_{50}}{A_E}$$

- Filtratutako tasa espezifikoa:

$$W_{50} = \frac{Q_{50}}{A_F}$$



## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Experimentalki konproba dezakegu
  - Etxebizitzetan

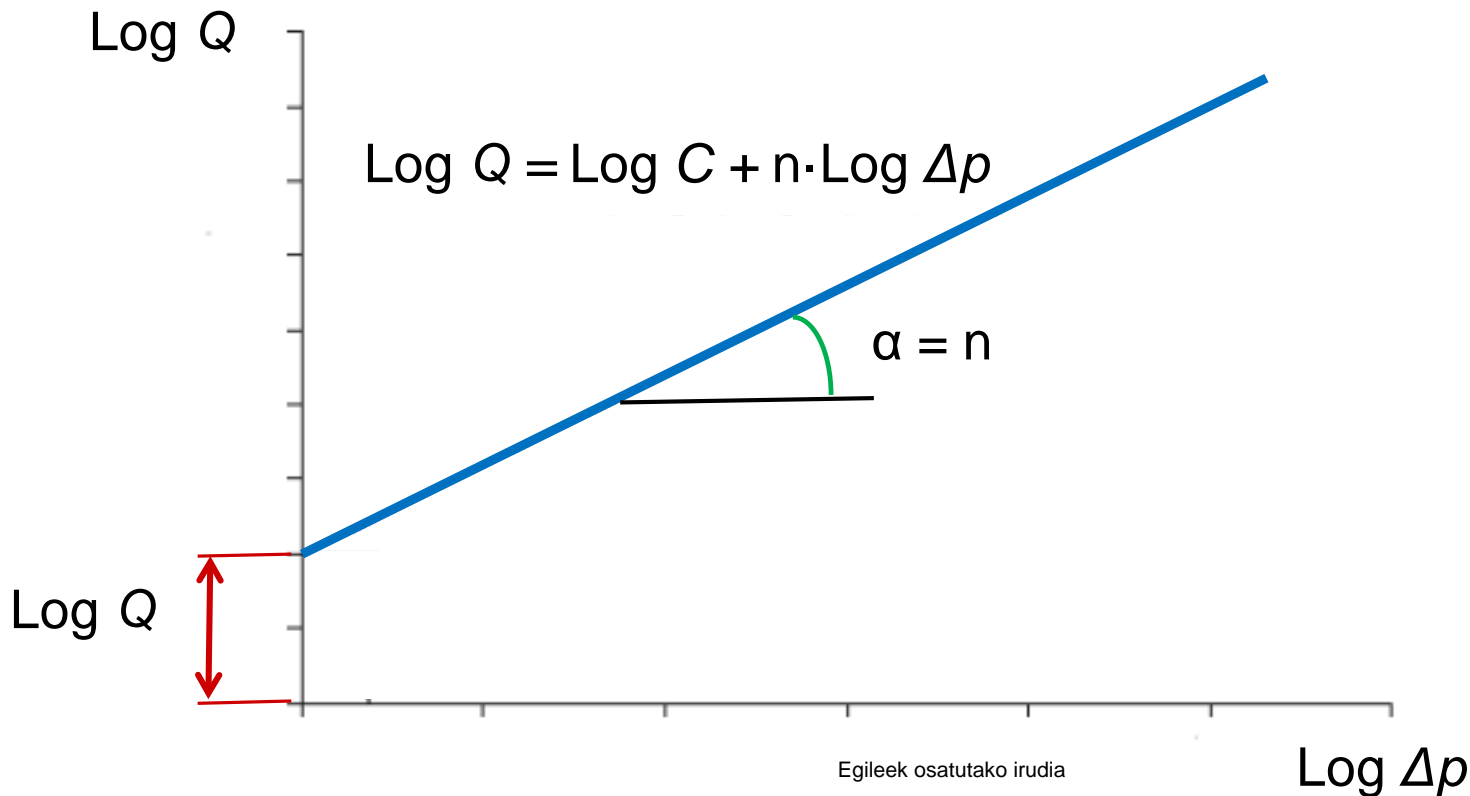
$$ACH = \frac{Q_{50}}{20V}$$

- Bizitzeko ez diren eraikin handiak

$$ACH = \frac{Q_{50}}{60A_E}$$

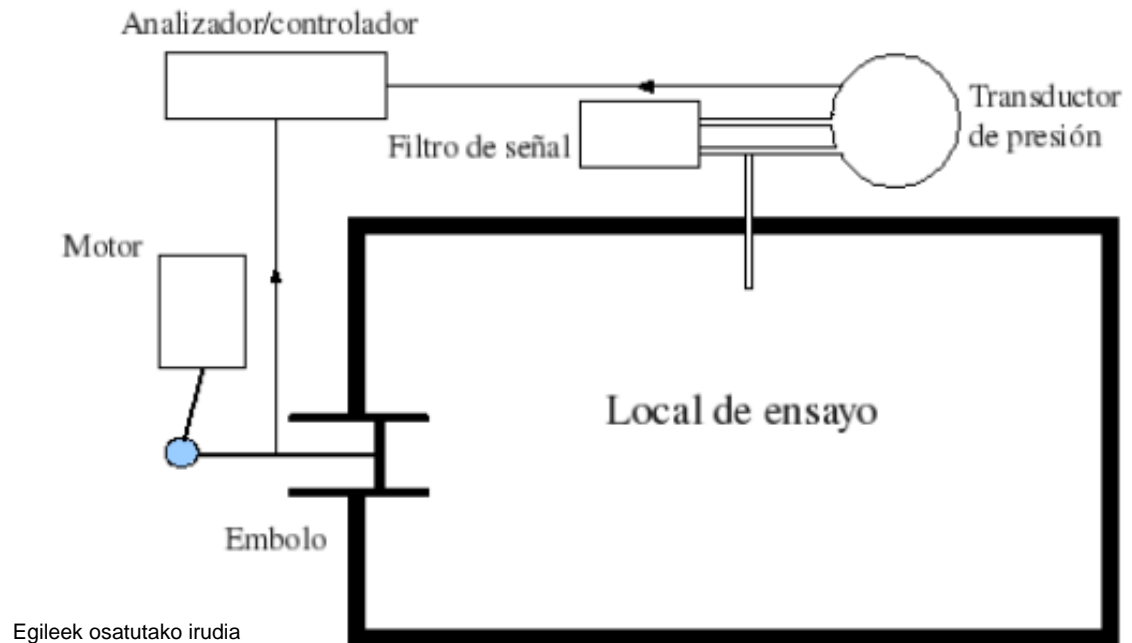
## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Fluxu-ekuazioa gogoraturaz  $Q = C \cdot \Delta p^n$



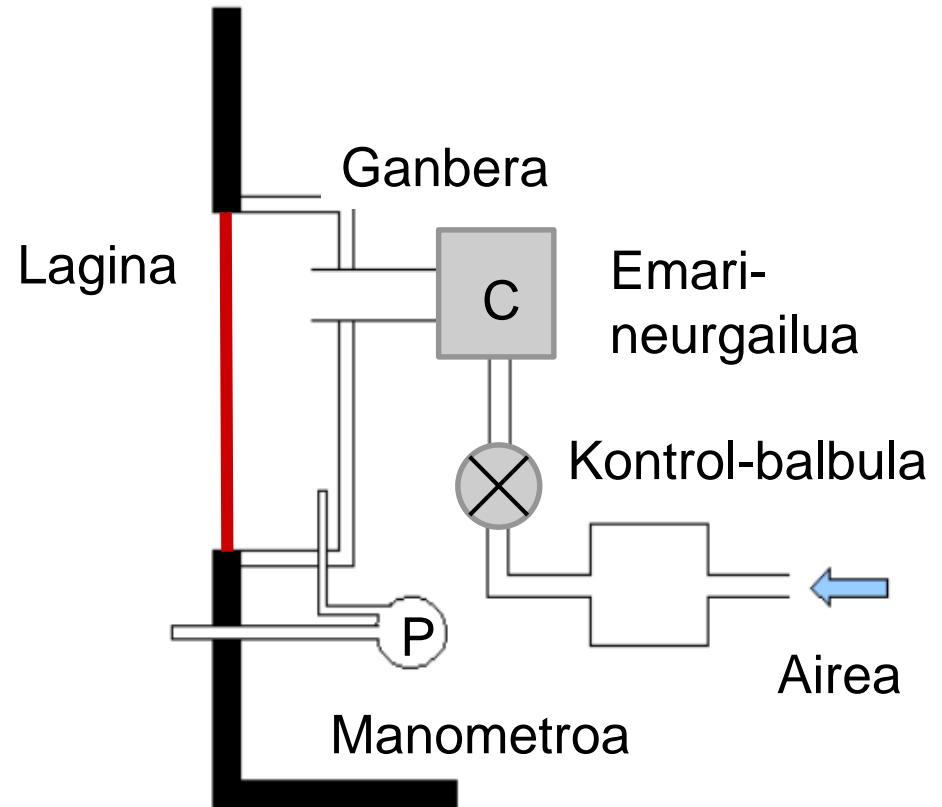
## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Dinamikoki eraikina presiopean jarri
  - Presio baxuetan ager daitekeen ziurgabetasuna murrizteko erabiltzen da



## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikinaren osagaiak
    - Ateak eta leihoak izaten dira
    - Entsegua laborategian edo eraikinean egin dezakegu
- Laborategian egitekotan
- Norma UNE-EN 1026



Egileek osatutako irudia

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikinaren osagaiak
  - Erreferentzia bezala 100 Pa presio-diferentzia hartzen da
  - Iragazkortasuna bi parametroren arabera definitzen da
    - Junturen luzera
    - Osagaiaren azalera totala

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikinaren osagaiak: ate eta leihoen sailkapena
  - Osagaiaren azalera totalarekiko, erreferentzia bezala 100 Pa-eko presio-diferentzia kontsideratuz, zenbat den aire-emariaren balioa jakinda lortzen da

Klasea	Airearekiko iragazkortasuna 100 Pa presio diferentzia	Entseguko presio maximoa
	$[m^3/(h \cdot m^2)]$	[Pa]
0	Ez entseiatua	Ez entseiatua
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Norma UNE-EN 1026

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Eraikinaren osagaiak: ate eta leihoen sailkapena
  - Osagaiaren juntura luzera totalarekiko, erreferentzia bezala 100 Pa-eko presio-diferentzia kontsideratuz, zenbat den aire-emariaren balioa jakinda lortzen da

Klasea	Airearekiko iragazkortasuna 100 Pa presio diferentzia	Entseguko presio maximoa
	[m <sup>3</sup> /(h·m)]	[Pa]
0	Ez entseiatua	Ez entseiatua
1	12,5	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Norma UNE-EN 1026

## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Beraz, bi sailkapen desberdin ditugunez, nola lortu azken sailkapena?
- Hurrengo aukerak izango genituzke:
  - Bi sailkapenek klase berdina ematea
  - Segidako bi klase ematea: txarrena hartzen da
  - Bi klaseko diferentzia edukitzea: bitartekoa hartzen da
  - Bi klase edo gehiagoko diferentzia: ez da sailkatzen



## Infiltrazioen ondorioz gertatzen den aire-emariaren neurketa

- Estankotasuna neurtzeko beste metodo batzuk:
  - Lokal desberdinen arteko iragazkortasuna neurtzea
  - Many – pressure – state technique

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Infiltrazioei dagokien aire-emia kalkulatzeko beharrezkoa hurrengoa jakitea
  - Haizearen abiadura eta norabidea: inguratzailean aire-presioaren banaketa determinatzeko
  - Kanpo-inguruneko eta eraikin barruko airearen tenperatura
  - Arrakalen kokapena eta aire-fluxuaren ezaugarriak arrakaletan

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Oso zaila da zehaztasunez aldagai hauek definitu ahal izatea
- Beharrezkoa da sinplifikazioak egitea beraz
- Bi eredu matematiko mota daude
  - Erelu enpirikoak
  - “Network” motako ereduak

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Eredu enpirikoak
  - Eredu sinpleak
  - Neurketak bidez lortutako datuak erabiliz eraikitakoak
  - Eraikina zona bakar bat bezala kontsideratzen dute
  - HVAC sistemak dimentsionatzeko egokiak direla kontsidera dezakegu

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- ASHRAE-k definitutako eredu empirikoa

$$Q = A \cdot \sqrt{a \cdot \Delta T + b \cdot v_r^2}$$

Solairuak	a
1	0,002
2	0,004
3	0,006

ASHRAE metodoan definitutako taula

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- "b" parametroaren balioa

Babes maila	Eraikinaren solairuak		
	Solairu bat	Bi solairu	Hiru solairu
I	0,00413	0,00544	0,0064
II	0,00319	0,00421	0,00495
III	0,00226	0,00299	0,00351
IV	0,00135	0,00178	0,00209
V	0,00041	0,00054	0,00063

ASHRAE metodoan definitutako taulak

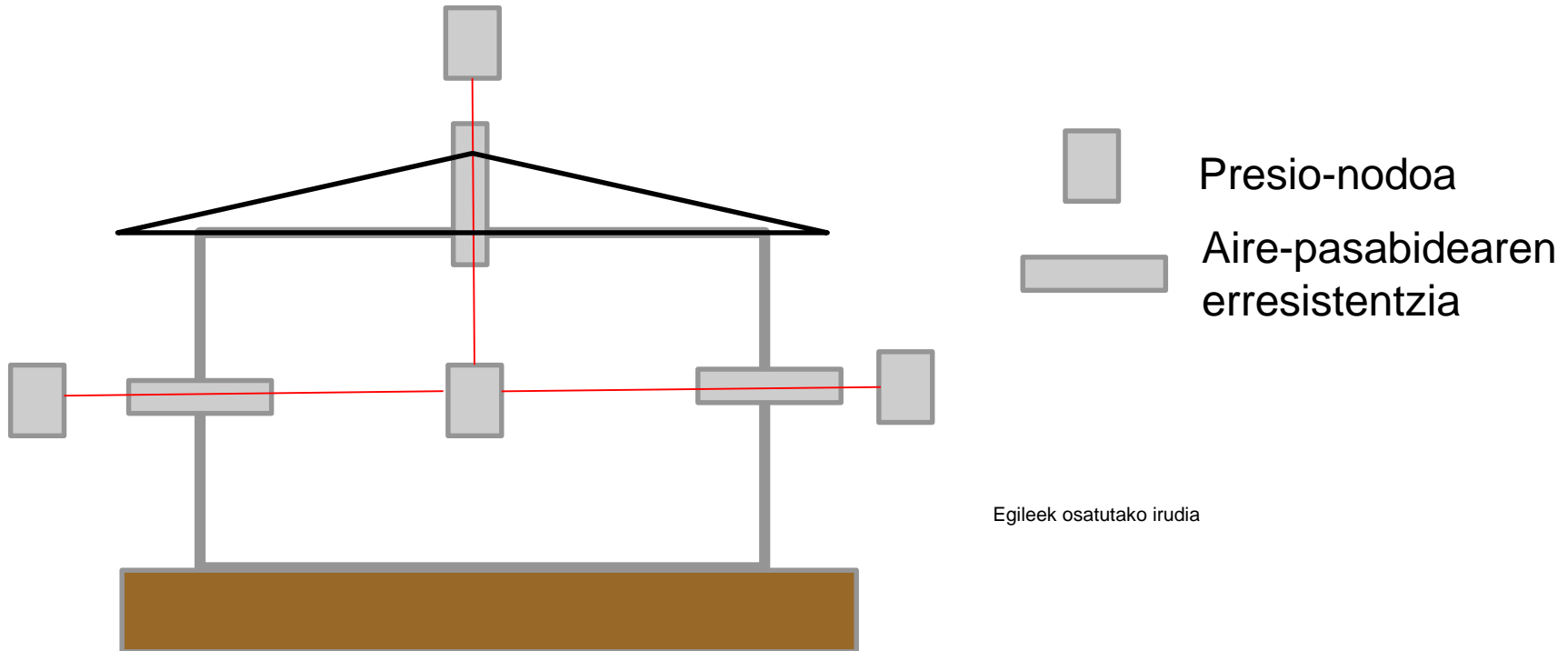
Babes maila	Deskribapena
I	Babesik gabe
II	Babes maila baxua
III	Altuera berdineko eraikinak dituelako inguruan babes maila ertaina
IV	Altuera handiagoko eraikinak dituelako inguruan babes maila altua
V	Askoz altuera handiagoa duten eraikinak dituelako inguruan babes maila oso altua

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- “Network” motako ereduak
  - Teorikoki garatutako ereduak dira
  - Eredu hauek zorrotzagoak dira
  - Bi motatako “Network” ereduak dauzkagu
    - Zona bakarreko ereduak
    - Zona anitzeko ereduak

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Zona bakarreko ereduak
  - Eraikina presio-nodo bakar bat erabiliz definitzen da





## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Zona bakar bateko ereduakin konparatuz
  - Zehatzagoak dira
  - Kalkulatzeko egin beharreko esfortzua txikiagoa da
  - BRE eta LBL garatutako ereduak AIVC balioztatuak izan dira

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Building Research Establishment (BRE)-ren eredua

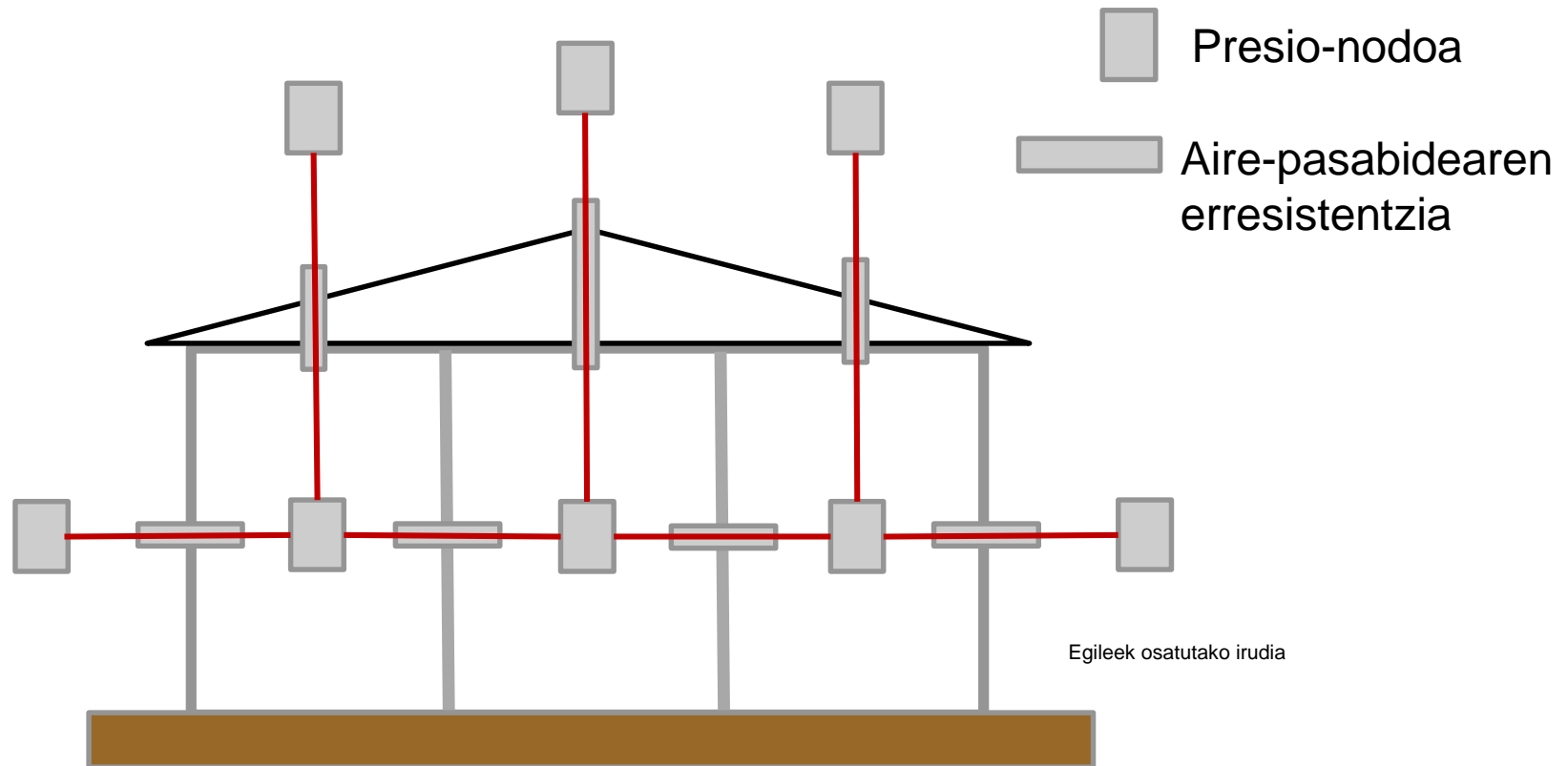
$$Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\rho_e \cdot v^2}{\Delta p_p} \right] \cdot F_t(Ar, \theta)$$

$$Ar = \frac{\Delta T \cdot g \cdot h}{T_i \cdot v^2}$$

$$Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\rho_e \cdot v^2}{\Delta p_p} \right] \cdot F_w(\theta) \qquad Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\Delta T \cdot \rho_e \cdot g \cdot h}{T_i \cdot \Delta p_p} \right]^n \cdot F_s$$

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Zona anitzeko ereduak: Eraikinean nodo desberdinak



## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Kalkulurako zona bakoitzean aplikatzen diren ekuazioak

$$\sum_{i=1}^j \rho_i \cdot Q_i = 0$$

$$Q_i = C_i \cdot \Delta p_i^{n_i}$$

$$\sum_{i=1}^j C_i \cdot |p_i - p|^{n_i} \cdot \frac{p_i - p}{|p_i - p|} = 0$$

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- Aurreko ekuazioak, eraikina osatzen duten “m” zona bakoitzean planteatu behar dira

$$\sum_{m=1}^q \sum_{i_m=1}^{j_m} C_{im} \cdot |p_{im} - p_m|^{n_{im}} \cdot \left[ \frac{p_{im} - p_m}{|p_{im} - p_m|} \right] = 0$$

## Aire-infiltrazioen kalkulua

- “Network” motako Softwarea
  - AIDA: Zona bakarreko eredua
  - LBL: Zona bakarreko eredua
  - AIOLOS: Zona anitzeko eredua
  - COMIS: Zona anitzeko eredua
  - CONTAM: Zona anitzeko eredua

[YouTube kanalean gai honi buruzko laburpen bideo bat duzu, ikusi eCampusOCW plataformako esteka](#)

Eskerrik asko!