

Környezettudatos épületrehabilitáció

A meglévő épített környezet

A hazai meglévő épületállomány nagy része műszaki és ökológiai szempontból is súlyosan leromlott állapotban van, mert

felborult a dinamikus egyensúly az emberi hasznosítás és a természet eltartó és hulladék eltakarító képessége között.

Jellemzői:

- Fizikai és erkölcsi elhasználódás
- Felelőtlen energia és vízhasználat
- Levegő szennyezés
- Csak részben megoldott szennyvízkezelés
- A szilárd-hulladék kezelés hiányosságai

A rehabilitáció célja

Műszaki szempontok:

- Az épületek élettartamának meghosszabbítása
- A mai kor igényeinek megfelelő átalakítása, korszerűsítése

Ökológiai szempontok:

- A meglévő épített környezet (települések, energiaellátó- és közmű rendszerek, és közlekedési hálózatok, mezőgazdasági és ipari övezetek, vízgazdálkodási rendszerek) revitalizálása, „meggzelidítése”.

Alapfogalmak

- Élettartam (jogi, pénzügyi, műszaki)
 - Állagmegóvás, (üzemeltetés, karbantartás, javítás)
 - Felújítás (eredeti műszaki állapot)
 - Korszerűsítés (komfortfokozat növelése)
 - Rehabilitáció (erkölcsi avultság felszámolása)
 - Revitalizáció (RCR szempontjainak érvényesítése)
- A jellemzően „fogyasztó” területek minimalizálása mellett a „termelő” területek maximumával számol, a társadalmi és a környezetterhelési kérdésekre is választ ad**

Ökologikus - fenntartható építés

Környezettudatos-, ökológikus-, energiatudatos-, zöld-, vagy bio építészet lényegében egy **szemléletmódot** jelent, azaz:

A fenntartható fejlődés elvrendszerének érvényesítését az építésben az ökológia tudomány fogalomkészletének felhasználásával.

**Szlogenek: „ A kicsi szép”
R.C.R.**

A „fenntarthatóság” - R.C.R. – szempontjai az építésben/felújításban

A terhelés csökkentés ®

- a földhasználathoz
- az anyag, víz és energia használathoz
- a szilárd hulladék és szennyvíz képződéshez,

A megőrzés ©

- a élőlények, a kultúrák és az épített környezet sokféleségéhez és különbözőségéhez,

A visszaforgatás ®

- az építőanyagokhoz és az épülethasználathoz köthető

A revitalizációs folyamat lépései

- Épületdiagnosztika, állapotvizsgálat
- Környezeti erőforrások felmérése
- Megvalósítási program kidolgozása
- Menedzselő szervezet létrehozása
- Döntés a hasznosítás módjáról
- Tervezés (funkcionális, szerkezeti)
- Megvalósítás
- Működtetés

Diagnosztika, állapotfelmérés

Műszaki, funkcionális, kulturális adottságok

- Tételes, adatszerű információk a jelenlegi műszaki teljesítményről
- Hibák és kiváltó okaik felderítése
- Általános, részletes és szakvizsgálatok

Erőforrás-felhasználás és kibocsátás

- Beépítési és laksűrűség
- Élelmiszer, energia, ivóvíz, tisztítószer, stb. fogyasztás
- Szennyvíz és szilárd hulladék kibocsátás
- Közlekedés energiafogyasztása és kibocsátása
- ÖL kiszámítása

Ökológiai lábnyomunk

Számszerűsítési kísérlet egy adott népesség/gazdaság erőforrás felhasználási és hulladékfeldolgozási szükségleteinek becslésére, ökológiailag aktív (láthatatlan szolgáltatásokra képes) földterületben (ha/fő/év) mérve, kormányközi statisztikák adatait véve alapul

Ökológiai lábnyom kiszámítása

- Ökológiai lábnyomszámításhoz épületek esetében a teljes élettartam alatti energiaszükséglethez rendelhető üvegházhatású gázok mennyisége használható CO₂ egyenértékben kifejezve.
- 1 kg CO₂ elnyeléséhez kb. 170 m² aktív földterületre van szükség évente

Környezeti erőforrások-2

vízfelületek, víztartalom

A levegő és a víztömeg felmelegedése eltérő fázisban történik

Hatások,

- Hőmérséklet kiegyenlítés; párolgás – hőelvonás, kisugárzás csökkentése, fagyvédelem
- Pormegkötés
- Kedvező légáramlatok
- Természetes világítás „időhosszabbítása”, reflexió

Környezeti erőforrások-3

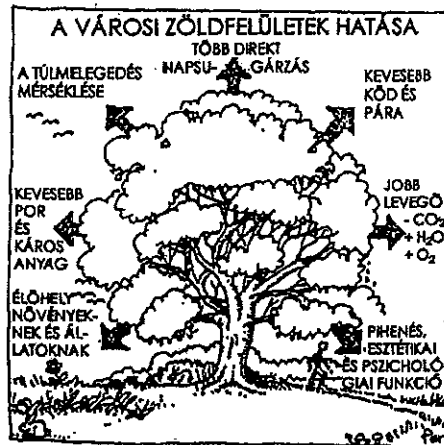
vegetáció

Minden növényzet hasznos, legjobbak az erdőtársulások

Hatások;

- Oxigén és biomassa termelés
- Párolgtatás, hűtés
- Csapadékvíz helyben tartás, talajba juttatás
- Pormegkötés
- Erózió akadályozás

Környezeti erőforrások városi klíma és vegetáció



KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

15

A megvalósítási program kidolgozása

- A környezetterhelés-csökkentés lehetőségeinek részletes kidolgozása (bontási lehetőségek, energia-, ivóvíz takarékoság, hulladéktermelés csökkentése, közlekedés átalakítása, stb.)
- A társadalmi fenntarthatóság kidolgozása (helyi autonómia, öngazgatás, forrásteremtés, helyi közműellátás, stb.)
- Helyi stratégiák kidolgozása, finanszírozási terv készítése

KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

16

A revitalizáció elvárásai-1

Korszerűsítés

- Fürdőszoba,
- Konyha,
- Tetőtér beépítés,
- Bővítés
- Korszerű épületgépészet

Szerkezeti felújítás

- Tartószerkezeti javítás, megerősítés, átalakítás,
- Talajnedvesség elleni védelem,
- Energiaforgalom, páravédelem,
- Akusztikai minőség

A revitalizáció elvárásai-2

Építészeti átalakítások

- Flexibilis, zónás alaprajzi kialakítások

Épületszerkezeti megoldások

- Káros anyagok eltávolítása, helyettesítése
- Belső téri levegőminőség javítása
- Energiatudatos megoldások (utólagos pl. transzparens hőszigetelés, nyílászáró cserék, kiegészítő napterek, integrált szoláris rendszerek, fényaknák)
- Klímatudatos megoldások (zöld tetők, zöld homlokzatok és árnyékolók)

A revitalizáció elvárásai-3

„Épületgépészeti” lehetőségek

- Fűtési rendszerek megújuló energiákkal (szoláris megoldások, faelgázosító kazán, hőszivattyú, alacsony hőmérsékletű sugárzó fűtések)
- Kogenerációs áramtermelés és fűtés, napcellák
- Napkollektoros használati melegvíz előállítás
- Természetes világítás fénypárkányokkal és fénykutakkal
- Esővíz és szürkevíz használat, helyi szennyvíztisztítás.

„Sustainable City District Vauban” - 3 esővízgyűjtés és központi energiablokk



KV Szakmérnök képzés

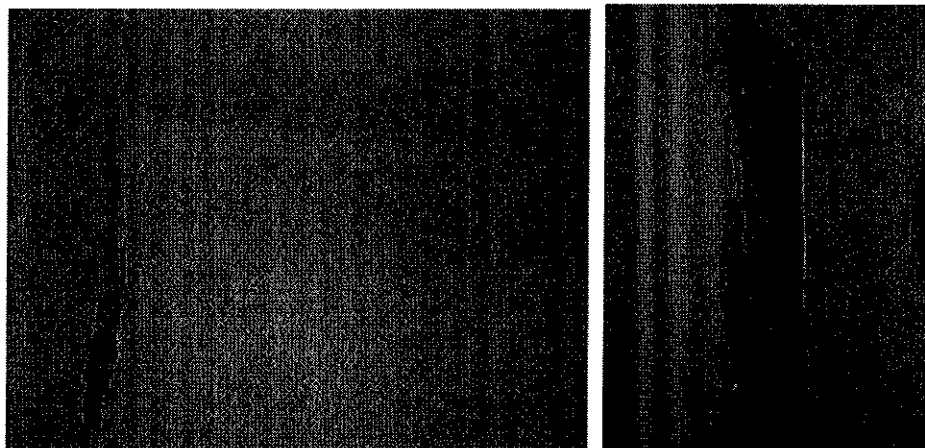


Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

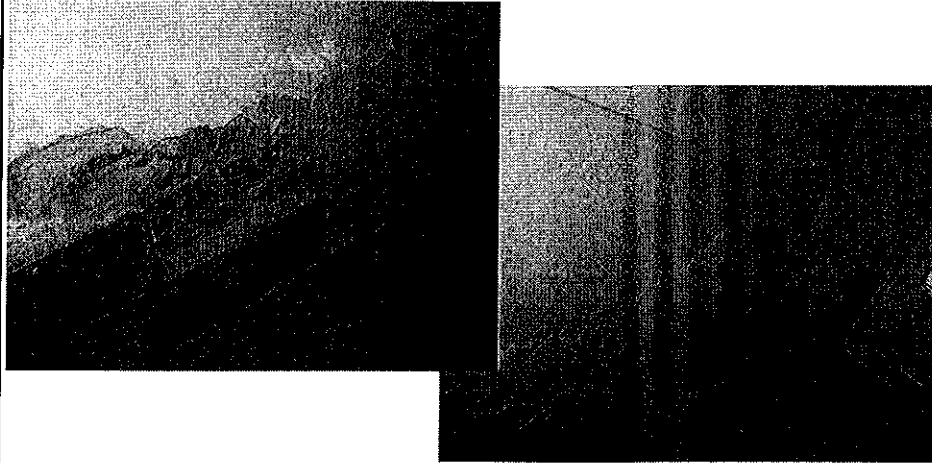
Jellemző szerkezeti hibák

- állékonysági-, (repedések, deformációk),
- nedvesedési-, (beázások, felázások, mállás, kifagyás, vakolatleválás),
- épületfizikai-energetikai (hő és páratechnika, akusztikai)
- gomba-, rovar- és rágcsáló (penész, korhadás, stb.) károk
- bontott és mérgező anyagok

Repedésképek – süllyedések



Talajból származó nedvesedés Hibás, vagy hiányzó vízszigetelés



Recycling

A szilárd hulladék 35-50%-a építési törmelék,
válogatás nélkül kerül lerakásra

- **Újra-használat;** változatlan formában építik be újra (tömör téglá, fa, acél, vb födém elemek,nyílászárók)
- **Újra hasznosítás;** őrlési (beton, kerámia, papír), olvasztásos (acél, alumínium, üveg), pirolízis (műanyagok) technikák. Ötvözött, társított termékek esetében nehézkes, energiaigényes, minősítés
- **Visszaforgatás;** természetes, megújuló forrásból származó anyagok visszaforgathatók (agyag, kő) vagy komposztálhatók (fa, nád, méhviasz, lenolaj,enyv, fenyőgyanta, természetes hőszigetelések)

Energiatudatos felújítás

A fosszilis energiák takarékos, hatékony felhasználása, (a káros kibocsátások csökkentésével) és a megújuló energiák bekapcsolása az épület használatába

Cél: a hőszükséglet ésszerű határig való csökkentése

Lehetőségek:

- A **hővesztesség korlátozása** a térelhatároló szerkezetek utólagos hőszigetelésével és hővisszanyerő berendezésekkel
- A környezeti hőnyereség növelése, megfelelő tájolású transzparens felületek és a tároló tömeg tudatos kialakításával, környezeti energiahasznosító gépészeti berendezésekkel

Az épületek energiafogyasztása

Az épületek **hőszükséglete** a hővesztesség és a hőnyereség különbségéből, valamint az előírások rögzítette hőigényből adódik

Az **energiafogyasztás** megoszlása átlagos lakóépületeknél:

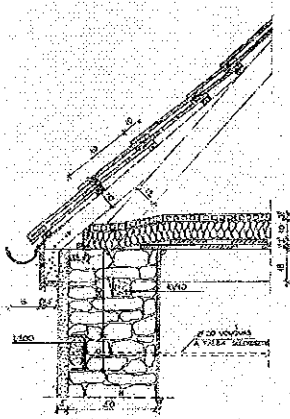
- fűtés 54%
- melegvíz készítés 11 %
- főzés, háztartási gépek 8%
- világítás 1%, közlekedés 20-25%

Energiaforgalom javítása

Utólagos hőszigetelés, szoláris nyereségek, környezeti erőforrások

- falak hőtechnikai jellemzői, technológia függő (utólagos hőszigetelés),
- padlóban (nem párazáró anyagból),
- födémen (légzárás, természetes anyagú hőszigetelés),
- nyílászárók (hőszigetelő üveg, új szárnyak),
- Passzív és aktív rendszerek, (téli kertek, tornác beüvegezések, lombos fák, pergola árnyékolónak, fűtési rendszer átalakítása, áramtermelés)

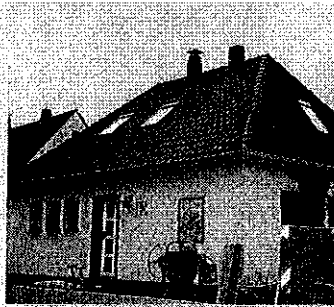
Hőtechnikai minőség utólagos hőszigetelés



A környezeti energiák felhasználási lehetőségei

- **Passzív rendszerek:** napenergiára épített, az üvegházhatás elvén alapuló rendszer, melyben az épületszerkezetek látják el az épületgépészet feladatát
- Az **aktív és hibrid** környezeti energiahasznosító **rendszerek** egészen vagy részben gépészeti eszközökkel gyűjtik be, tárolják (kollektorok) és hasznosítják a nap, föld, levegő, talajvíz hőenergiáját
- A **fotovoltaikus elemek** a nap energiáját felhasználva közvetlenül termelnek villamos energiát

Energiatudatos épület-felújítás Oldenburg, Gabriel Arshitecten, 1964/1998



A ház az átépítés előtt...



„Sustainable City District Vauban” Napkollektorok a tetőn, középület naptere



KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.



31

„Sustainable City District Vauban” Tetőfelújítás PV elemekkel



KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

32

Épületfizika – páragzdálkodás javítása

Párafeldúsulás kizárása

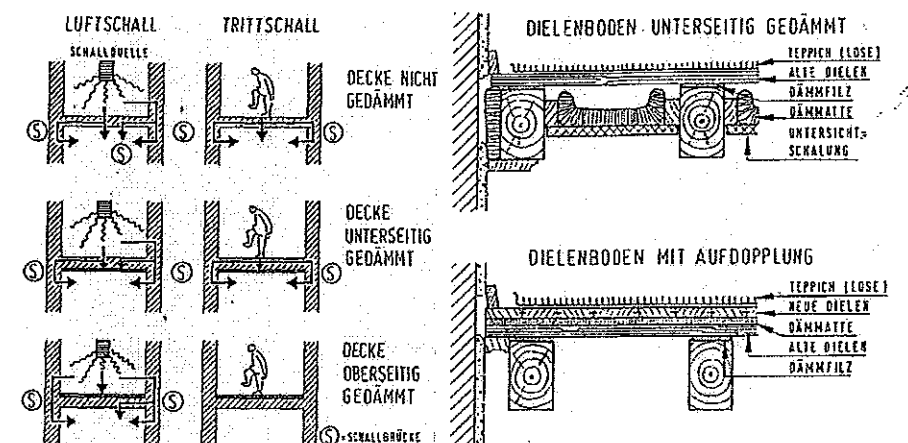
- Szerkezetek páratechnikai jellemzői; (egyensúlyi nedvességtartalom, páragzdálkodás, párazáró bevonat nem),
- padló (párazáró anyagú szigetelés, bevonat nem),
- födémen (páragzdálkodó anyagú légzárás, hőszigetelés, felületvédelem),
- nyílászárók (hőszigetelő üveg, új szárnyak, résszellőzés).

Épületfizika - akusztikai minőség javítása

Zajvédelem

- külső forrás (nehéz falak, nyílászáró megerősítések),
- belső forrás, léghangok (tetőtér beépítés födém, válaszfal tömeg növelés)
testhangok (rugalmas alátétek, lágypadló).

Akusztikai minőség javítása



Fenntarthatósági küszöbértékek-1

Klimatikus fenntarthatóság:

- 10 % beépítési sűrűség, max 4 szintes házak (12-15m fák)
- 80% zöld felület (BAF) ligetes erdők

Fenntartható vízellátás:

Most 140-200l/nap/fő ivóvíz

Cél:

- 60l/nap/fő ivóvíz (40%)
- 30l/nap/fő csapadékvíz (20%)
- 60 l/nap/fő szürkevíz (40%)
- Ellenőrzött összetételű szennyvíz

Fenntarthatósági küszöbértékek-2

Fenntartható energiaellátás

Most: belváros 230 kWh/m²/év

panel 170 kWh/m²/év

Biomasszára vetítve: biomassa produkció/összes lakás alapterület =
55kWh/m²/év lehetne

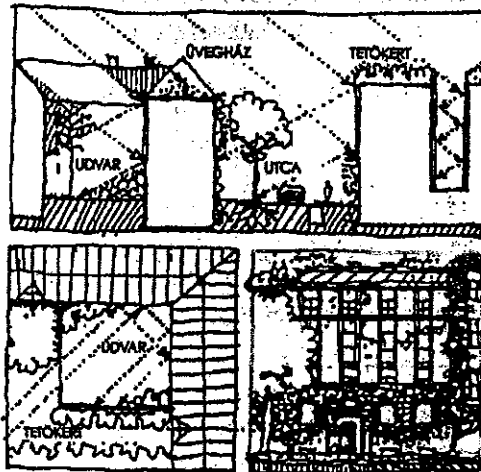
Cél:

- Jó hőszigeteléssel: 80-100 kWh/m²/év
- Alacsony energ. fogy: 60-70 kWh/m²/év
- Passzívház: 15-30 kWh/m²/év

Fenntartható közlekedés

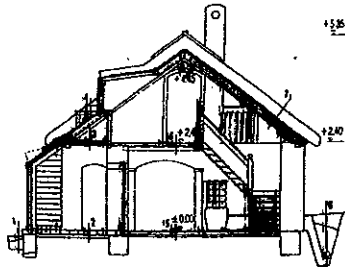
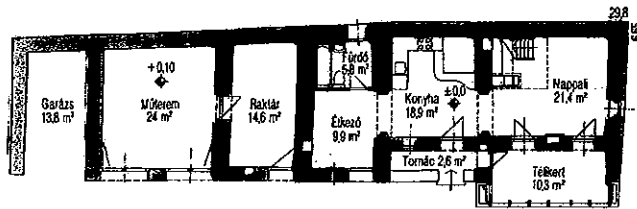
- gyalogos és kerékpárutak
- tömegközlekedés
- Autó megújuló energiával (?)

Példák, benapozottság javítása



- Hátsó udvarok, utcarészek,
- Célzott visszatükrözés, világos festés, üveg, fémek
- Igazodás az éves/napi napvándorláshoz
- Növényzet szerepe

Rehabilitáció példa, fűtés naptérrel



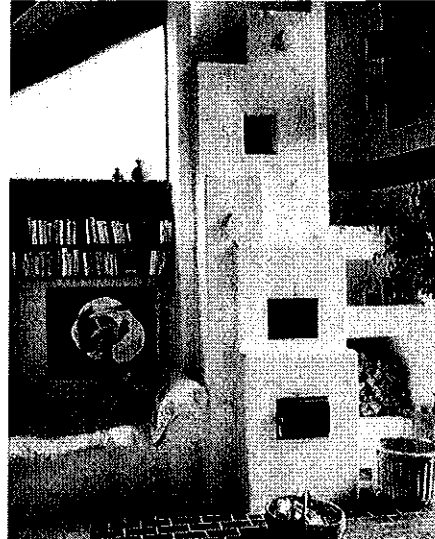
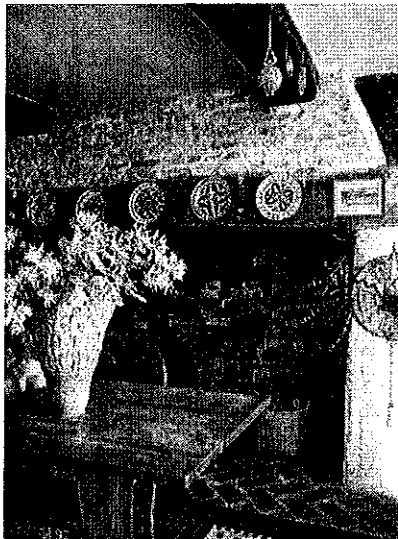
- | | | |
|-------------------------------------|---|---------------------|
| 1 10 cm kavicssúly | 6 cm homoktöltés | 1 rg vízáró fólia |
| 25 cm döngőt anyag
termett talaj | 6 cm döngőt 60x60
termett talaj | 12 cm poliszaru |
| 2 12 cm téglaburkolat | 4 2.4 cm hajópadló | 1 rg légtáró fólia |
| 2 cm homoktöltés | 1 rg nyerspapír | 12 cm Betonny lemez |
| 10 cm kavicssúly | 4 cm párnafó fólia | 1 cm nádpáló |
| 1 1 rg vízáró fólia | kőzetgyapot | 1 30 cm termőföld |
| 10 cm hőszigetelés | (2.4 cm 180-as kőzetgyapot
kötőréteggel) | 1 rg geotextília |
| 1 rg vízáró fólia | 1 rg nyerspapír | 60 cm mosott kavics |
| 4.8 cm palaföldön | 4.8 cm hőgátló deszka | drénező |
| 4 0.4 cm rétegzés | 12 cm gipsz | 5 cm kavicssúly |
| 2.4 cm deszkaszilaj | 7 30 cm aszfalt | 20 cm döngőt anyag |
| szilaj | 5 cm fémgömböcsés | termett talaj |
| 4 2.4 cm hajópadló | 5 cm elöntés | |
| 1 rg olajpapír | | |

KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz. Tsz.

39

Revitalizáció a belső térben

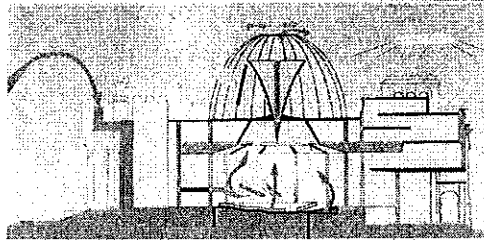
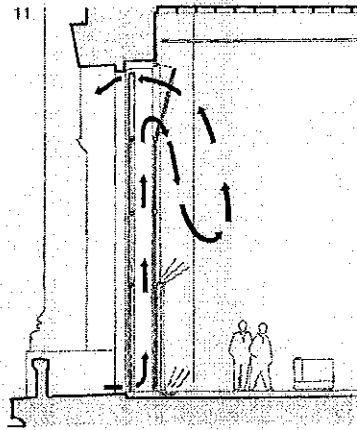
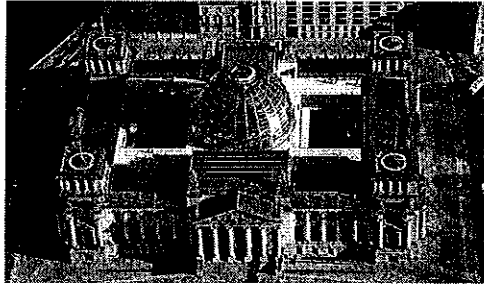


KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz. Tsz.

40

Energiatudatos felújítás példa ellenőrzött, természetes szellőzés

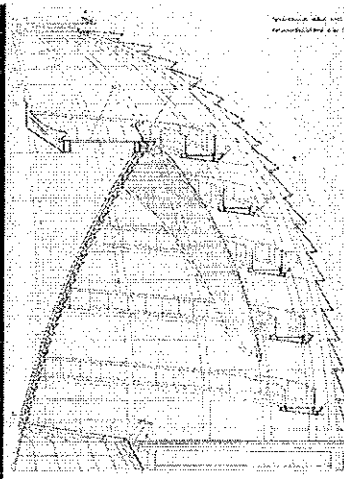
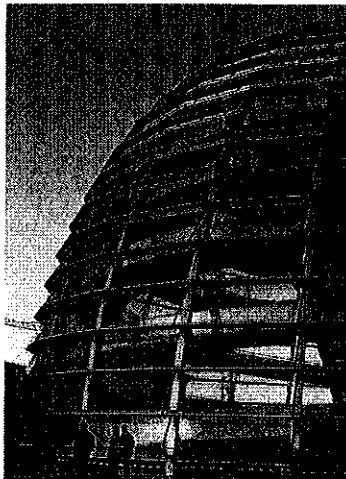


KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

41

Energiatudatos felújítás példa „Energiatermelő” árnyékolt kupola

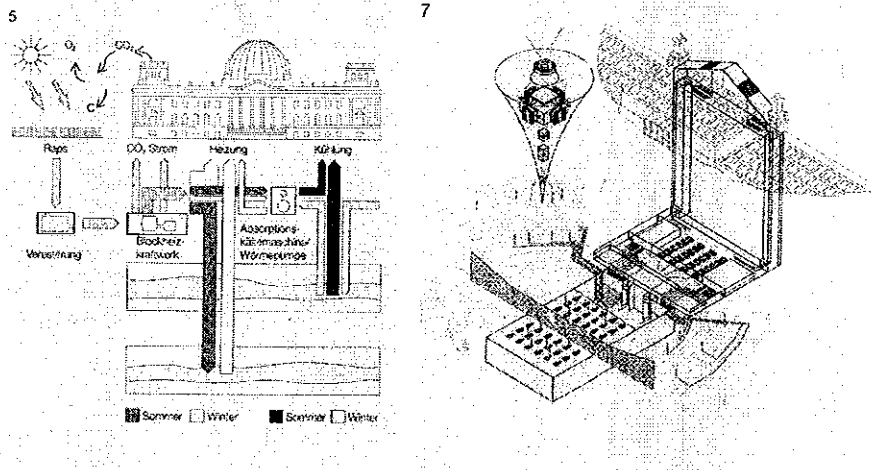


KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

42

Energiatudatos felújítás példa hőszivattyús fűtés, kontrollált szellőzés

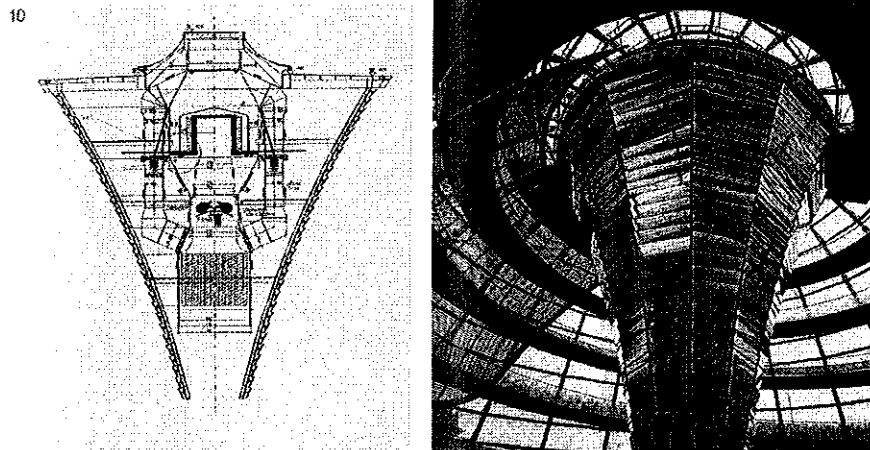


KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

43

Energiatudatos felújítás példa Természetes világítás - fénykút



KV Szakmérnök képzés

Dr. Lányi Erzsébet-2011-02
BME Épsz.Tsz.

44

Építészeti kultúránk létesítményeit úgy kell felújítani hogy:

- a kor önkorlátozó igényeit képesek legyenek kielégíteni,
- olyan műszaki megoldásokat kell választani, melyek megszüntetik a hibák kiváltó okait, az eredeti építéstechnikákhoz közel állnak, a természettel való kommunikációt nem akadályozzák,
- a környezeti erőforrásokat kihasználva, (passzív és aktív energia- és csapadékvíz hasznosítás, természetes szennyvíztisztítás) valódi környezettudatos épületként is funkcionálhatnak.

Irodalomjegyzék

- Dr Zöld András; Energiatudatos építészet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999
- Bánhidi László-Kajtár László; Komfortelmélet, Műegyetemi Kiadó, 2000
- Várfalvi János-Zöld András; Energiatudatos épületfelújítás, Magyar Terranova Építőanyagipari Kft, Az Építés fejlődéséért Alapítvány, Budapest, 1994
- Beliczay E.-Ertsey A.-Dr Kontra J.-Koszorú L.-Dr Lányi E.-Medgyasszay P.- Novák A.-Szántó K.-Dr Tiderenci G; Világváros vagy világfalu, Építész szeminárium 2004. Független Ökológiai Központ Alapítvány, Budapest 2004,
- Ertsey Attila; Városi település fenntarthatósága, e.a.

1. HŐHIDAK FOGALMA

Mindazon helyek, ahol a hőáramok nem párhuzamosak egymással. Másképp fogalmazva: azok a helyek, ahol többdimenziós hőáramok illetve hőmérsékletmezők alakulnak ki.

Hőhidak kialakulása: **Lényegesen eltérő hővezető képességű anyagok egymás mellé építése a szerkezetekben**

Pl. téglafalban vasbeton pillér

$$\lambda_{\text{tégla}} = 0,87 \text{ W/m K}$$

$$\lambda_{\text{vasbeton}} = 2,2 \text{ W/m K}$$

$$\lambda_{\text{acél}} = 58 \text{ W/m K}$$

$$\lambda_{\text{alumínium}} = 198 \text{ W/m K}$$

$$\lambda_{\text{polisztirol}} = 0,04 \text{ W/m K}$$

Pl. átnedvesedett szerkezet rész hővezető képessége megnő

Olyan helyek az épületszerkezetekben, ahol a lehűlő felülettel szemben fekvő hőfelvevő oldal eltérő méretű

Pl. falsarok, fal-födém csatlakozás

Olyan helyek, ahol az előző hatások együttesen érvényesülnek

Pl. ablaktok beépítése a falba

Itt a csatlakozó szerkezetek vastagsága lényegesen eltérő, de hővezető képességük is erősen különbözik

Olyan helyek, ahol az energia szerkezetbe jutása lokálisan eltérő a környezethez képest

Pl. bútorok mögötti falszakaszok

4. A FELÜLETI NEDVESEDÉS EREDETE

A belső tér páratartalma és a szerkezet felületi hőmérséklete között nincs összhang.

Másképp: a levegő páratartalma túlságosan magas a szerkezet felületi hőmérsékletéhez képest.

Lehetőségek: hőszigetelés, páratartalom csökkentése

A szerkezet külső nedvességokozótól nedvesedik, átázik, beázik vagy felnedvesedik.

Másképp: a szerkezet külső nedvességhatások elleni védelme nem megfelelő.

Lehetőségek: vízszigetelés, tetőfedés, csomóponti vízzáróság, csőhiba

5. A FELÜLETI HŐMÉRSÉKLET ÉS A PÁRATARTALOM KÖZTI ÖSSZHANG

A felületi hőmérséklet (t) meghatározása egy csomópontban:

- többdimenziós hőmérsékletmező számítógépes modellezése
- helyszíni mérés (infra hőmérő, hőárammérő lap, termovízió)
- hőhídkatalógus használata

A felületi hőmérséklet megítélése:

$$\theta = \frac{t - t_e}{t_i - t_e} \quad \text{saját léptékben mért hőmérséklet}$$

A penészsmentességhez szükséges elszállítandó vízpára mennyiségének meghatározása nomogrammból. Δc (g/m³óra)

A belső térben fejlődő vízpára mennyiségének meghatározása.
 W (g/m³óra)

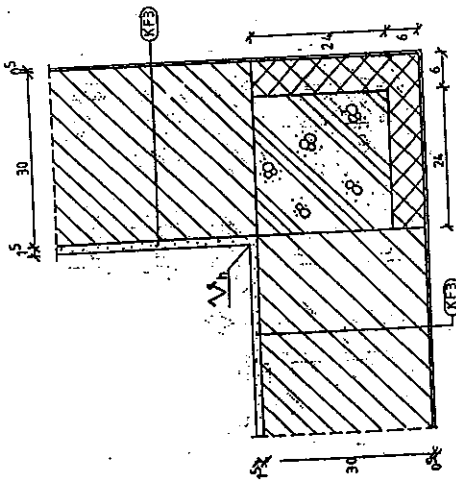
**Δc és W alapján a szükséges légcseré mértékének meghatározása.
Evvél a csomópont hőszigeteléséhez igazítottuk a megengedett páratartalmat.**

Amennyiben ennél magasabb páratartalomra van igény, vagy a szellőzés számított mértéke nem biztosítható (vagy nem gazdaságos), akkor fokozni kell a hőszigetelést.

Amennyiben az összhaj g nem biztosítható, akkor a penészálló festések és bevonatok eszköze marad.

05.10 alaprajzi részlet

Monolit vasbetonvázás épület kitöltő falazattal, 30 cm-es gázbeton falazó-blokkból, a pillér előtt kiegészítő hőszigetelés, műanyag vakolat.



Épületszerkezeti alapadatok

Rétegrend: (KF3) felületeképzés

1,5 cm vakolat

30 cm gázbeton falazóelem

műanyag vakolat

A fal belső felületeképzésén felületi kondenzáció

- megengedett \pl. csempé, stb.)

- nem engedett meg (pl. papírtapéta, vakolat, stb.)

Épületfizikai alapadatok

külső hőmérséklet $t_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_i = 16-24 \text{ }^\circ\text{C}$

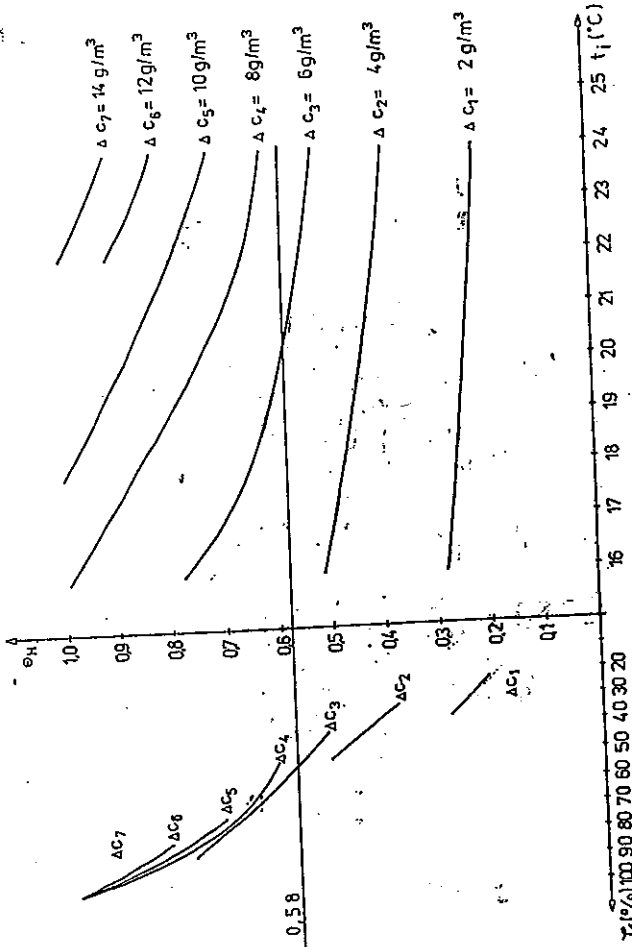
Hőhid leghidegebb pontjának hőmérséklete: - saját léptékben: $\theta = 0,58$

- 0°C -ban ($t_i = 16 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 7,15$

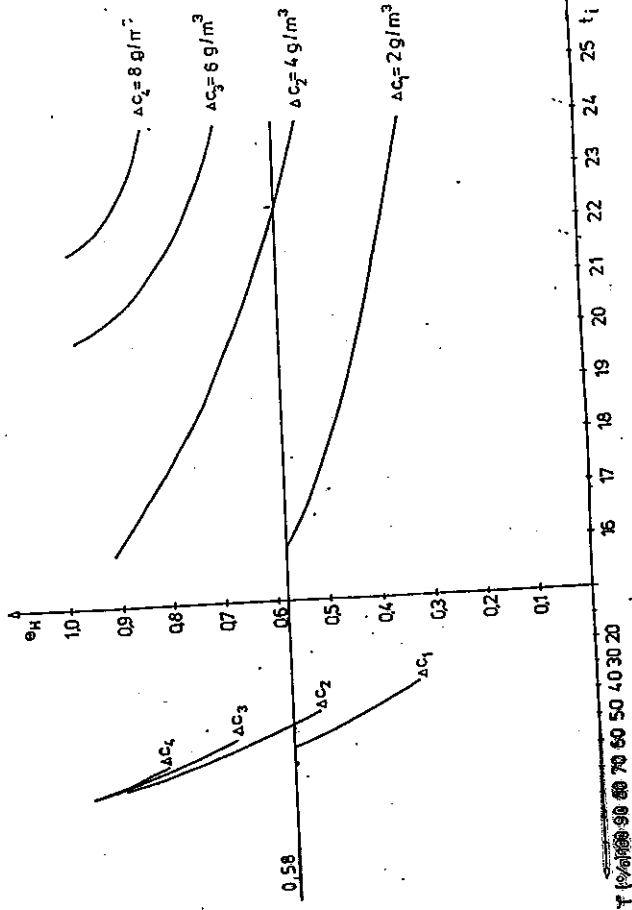
- 0°C -ban ($t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 9,46$

- 0°C -ban ($t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 11,78$

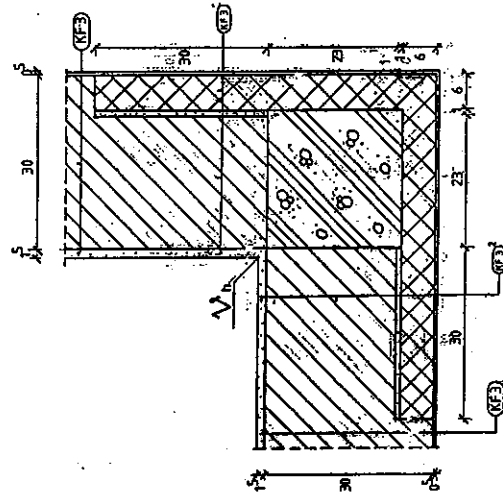
A belső felületen a kondenzáció megengedhető $\gamma_M = 100\%$



A belső felületen maximálisan megengedhető relatív páratartalom $\gamma_M = 75\%$



Mennolit vasbetonvázás épület kitöltő falazattal, 30 cm-es gázbeton falazó-blokkból, a "hőhidatásnak" megfelelő szélességben túlnyúló kiegészítő hőszigetelés.



Épületszerkezeti alapadatok

- Rétegrend: (KF3) felületképzés
 1,5 cm vakolat
 30 cm gázbeton falazóelem
 műanyag vakolat
- (KF3) felületképzés
 1,5 cm vakolat
 24 cm faragott gázbeton falazóelem
 6 cm polisztirol hőszigetelés
 műanyag vakolat

A fal belső felületképzésén feületi kondenzáció

- megengedett (pl. csempé, stb.)
- nem engedett meg (pl. papirtapéta, vakolat, stb.)

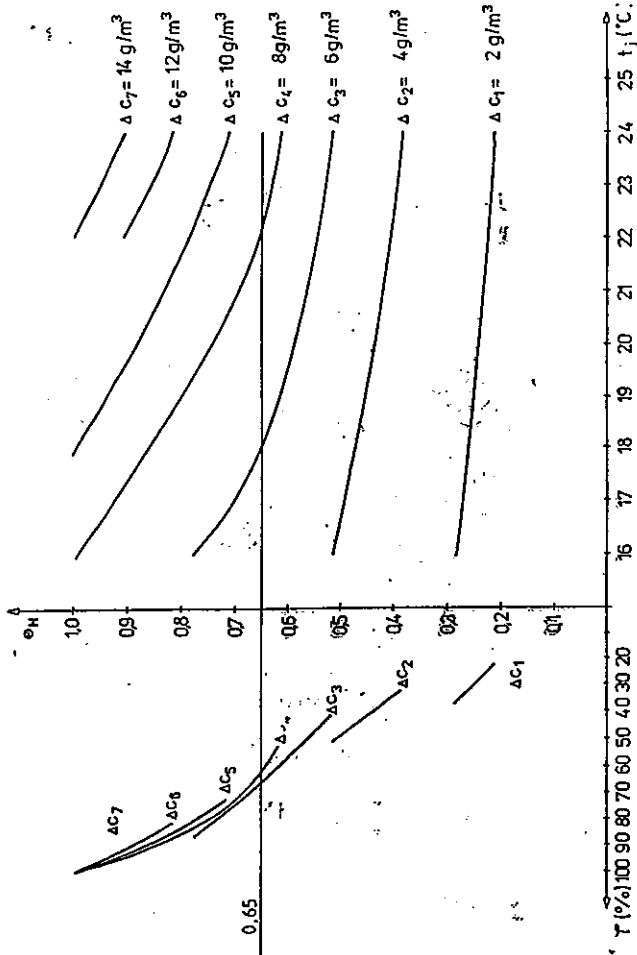
Épületfizikai alapadatok

Külső hőmérséklet $t_e = -5 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_i = 16-24 \text{ }^\circ\text{C}$

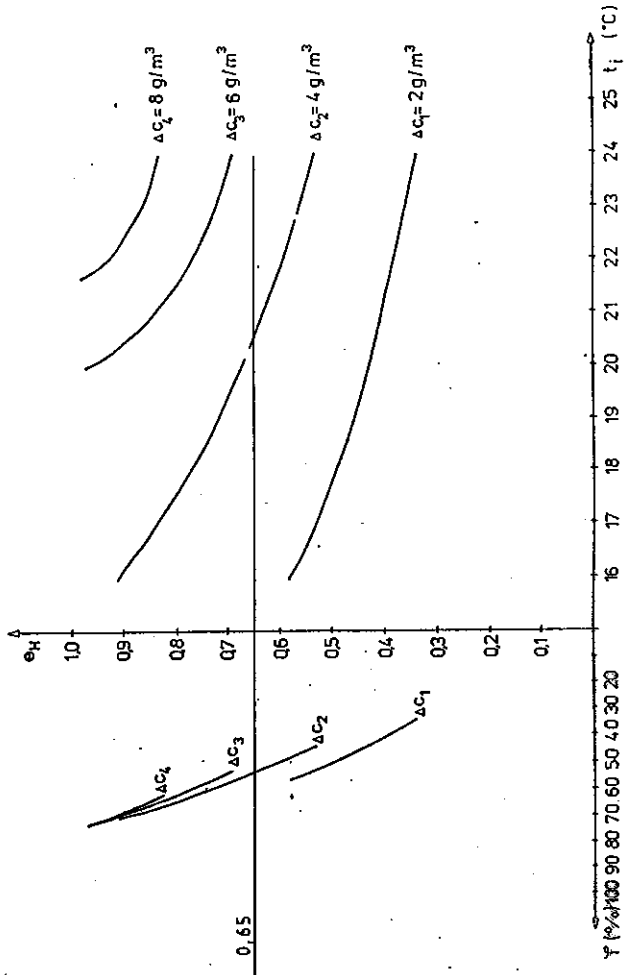
Hőhid leghidegebb pontjának hőmérséklete: - saját léptékben: $\theta = 0,65$

- $^\circ\text{C}$ -ban ($t_i = 16 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 8,66$
- ($t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 11,26$
- ($t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$) $V_h = 13,86$

A belső felületen a kondenzáció megengedhető $\gamma_M = 100\%$

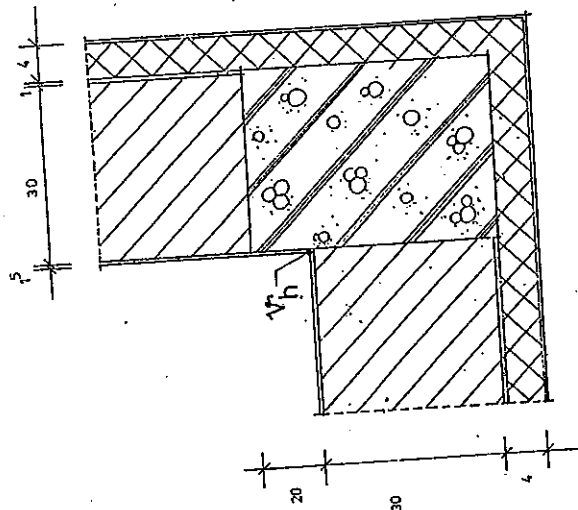


A belső felületen maximálisan megengedhető relatív páratartalom $\gamma_M = 75\%$



S 4 alaprajzi részlet

monolit vasbeton vázas épület 30x50 cm-es vasbeton pillérrel, 8 30-as kitöltő alazattal, 4 cm polisztirol hőszigeteléssel, műanyag vakolattal, a pillér előtt kiegészítő hőszigetelés nélkül



Épületszerkezeti alapadatok

- Rétegrend: (KF 2) felületképzés
 15 cm vakolat
 8 30-as kitöltő falazat
 1 cm vakolat
 4 cm polisztirol hőszigetelés
 műanyag vakolattal

A fal belső felületképzésén felületi kondenzáció

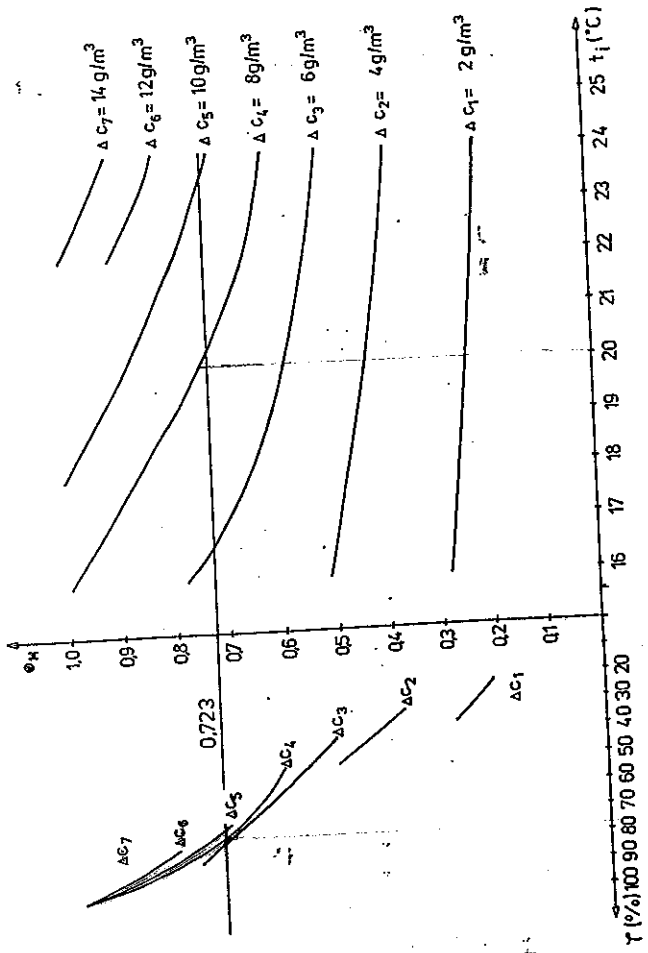
- megengedett (pl. csempé, stb.)
- nem megengedett (pl. papirtapéta, vakolat stb.)

Épületfizikai alapadatok

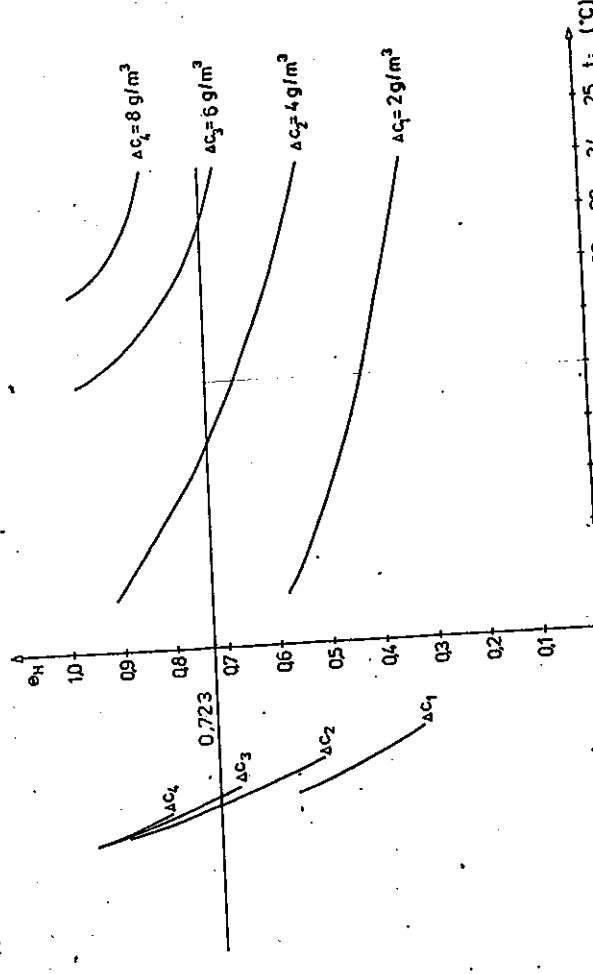
Külső léghőmérséklet $t_e = -5^\circ\text{C}$
 Belső léghőmérséklet $t_i = 16-24^\circ\text{C}$

Hőhíd leghidegebb pontjának hőmérséklete

- saját léptékben: 0,723
- °C-ban ($t_i = 16^\circ\text{C}$) \rightarrow $V_h = 10,18^\circ\text{C}$
- °C-ban ($t_i = 20^\circ\text{C}$) \rightarrow $V_h = 13,08^\circ\text{C}$
- °C-ban ($t_i = 24^\circ\text{C}$) \rightarrow $V_h = 15,97^\circ\text{C}$



A belső felületen maximálisan megengedhető relatív páratartalom $\gamma_M = 75\%$



A belső felületen maximálisan megengedhető relatív páratartalom $\gamma_M = 75\%$