

PASSZÍV ENERGIAGYŰJTŐ FALAK

Böröczki Brigitta Fruzsina
építésmérnök hallgató, Széchenyi István Egyetem, Győr
e-mail cím: fruzsina.b@t-online.hu

Kiss Ágota
építésmérnök hallgató, Széchenyi István Egyetem, Győr
e-mail cím: ngohtia@gmail.com

KIVONAT

Ezen tanulmány célja, hogy a szoláris rendszerek egy talán kevésbé ismert és nem túl gyakran használt szegmensét bemutassa. A szoláris rendszerek aktív és passzív rendszerekre oszlik szét, és az energiagyűjtő falak a passzív rendszerbe sorolhatók, azon belül is a leggyakrabban indirekt felhasználási módszerrel, ám a transzparens szigetelések esetében gyakoribb a direkt felhasználási mód. Az energiagyűjtő falak működési elve a következő: tartalmaz egy nagy tömegsűrűségű, jó hővezető képességű, nagy fajhőjű falat, amelynek a külső síkján az előtte elhelyezett üvegezéssel átjutó napsugárzás elnyelődik- gyakran egy abszorber felülettel kiegészülve- és konvekcióval felmelegíti a bezárt légréteget, az üvegház hatás miatt a hő a kisebb ellenállású tömegfal irányába áramlik, amit az késleltetve és csillapítva átad a belső tereknek. A legegyszerűbb szerkezet működési elve gyakorlatilag az előbb leírt folyamat, ami gyakran kiegészül a nyári túlmelegedés elkerülésére egy árnyékolóval, illetve az üvegezéssel is találhatók nyitható szárnyak az átszellőztetés érdekében. A trombe fal mindezek mellett kiegészül a tömegfalon alsó és felső nyitható-zárható szellőző nyílásokkal, amiket megfelelően üzemeltetve -akár automatizálva is- lehetőség nyílik a sokkal optimálisabb használatra. Ezen szerkezeteknél energetikai paradoxon, hogy nagy hőátbocsátási tényezőjű szerkezetekkel szeretnénk az épületünket minél energiatakarékosabban működtetni, és még amellet magas a bekerülési költsége is, amelynek a megtérülése kétséges. Ezen paradoxon oldódik fel a transzparens szigetelés indirekt használata során, ahol egy ideális szerkezeti vastagság megválasztásával a hőszigetelő képesség már elég jó és a hőnyereségünk is számottevő. Ezek ellenére az ilyen módú felhasználása igencsak ritka, építészeti indíttatásból viszont a direkt felhasználása gyakoribb. Ezen passzív rendszerek számos kombinációja alkalmazható gondos energetikai számítások alapján, mint például az utolsóként bemutatandó példa esetében.

KULCSSZAVAK

SZOLÁRIS RENDSZEREK, PASSZÍV RENDSZEREK, INDIREKT RENDSZER, TÖMEGFAL, TROMBLE FAL, TRANSPARENS SZIGETELÉSEK, MŰKÖDÉSI ELVEK, ÉVSZAKOKRA LEBONTOTT MŰKÖDÉSI ELV

BEVEZETÉS

Az építéset évezredek óta használ olyan megoldásokat, ami a napsütéses hónapokban csökkenti, a hideg évszakokban pedig növeli a napsugárzásból nyerhető hőmennyiséget. A falszerkezetek megfelelő tájolásával, üvegezéssel vagy speciális szigetelésével jelentősen csökkenthetők a fűtésre fordított költségek.

SZOLÁRIS RENDSZEREK [1]

A nap sugárzási energiájának tudatos és jó hatásfokú hasznosítása az épületgépészeti rendszerekben.

Az építészetben használatos szoláris rendszerek fő funkciója, hogy a napsugárzásból érkező energiát elnyelje azt tárolja és megfelelő módon és helyen leadja. Képesek vagyunk ezt a sugárzási energia hatásfokát befolyásolni bizonyos szerkezetekkel.

Mivel az említett sugárzási energia nem akkor érkezik, mikor szükségünk lenne rá, illetve nem olyan kapacitású, nem olyan hőmérsékleti tartományban érkezik, ami a felhasználás szempontjából egyszerűvé, kényelmessé tenné e felhasználását. Ezért szoláris rendszereinket pontosan kell megtervezni.

SZOLÁRIA FŰTÉSI RENDSZEREK

Mindazon rendszerek, amelyek a napsugárzás energiáját az épületek transzmissziós és/vagy szellőzési hővesztésének fedezésére hasznosítják, akár az

épület sugárzási nyereségének növelése, akár épületgépészeti rendszerekben való hasznosítása révén.

SZOLÁRIS RENDSZEREK OSZTÁLYOZÁSA

Aktív rendszerek

Mindhárom főfunkciót (energia elnyelés, tárolás, leadás) mind gépészeti elemekkel, berendezésekkel oldják meg, valamilyen külső energia bevezetéssel.

Passzív rendszerek

Mindhárom főfunkciót az épület bizonyos elemei biztosítják, s a folyamatok maguktól mennek végbe, külső energia behozás nélkül. Passzív rendszerek között két csoportot különböztetünk meg térbeliség szerint:

- Direkt rendszerben a 3 főfunkció kielégítése ugyanabban a térben történik.
- Indirekt rendszerek esetében a 3 főfunkció térben szétválak.
 - **Energia gyűjtő falak**
 - Napterek
 - Szoláris légtechnikai rendszerek

Hibrid rendszerek

A funkció zömét az épület elemei teljesítik, de az energia szállításában gépészeti elemeket is alkalmaznak. [2]

ENERGIAGYŰJTŐ FALAK :

Indirekt napenergiát gyűjtő épületszerkezeti elem. Ezen szerkezetek sematikus felépítésüket tekintve egy masszív falból (tömegfal) és az elé épített üvegezésből áll. A masszív fal az opaque felület, az előtte álló üvegezett szerkezet pedig a transzparens felület. [3]

Fő típusai:

1. **Tömegfal**
2. **Trombe fal**
3. **Transzparens hőszigetelések**
4. Transzparens vakolat
5. Falkollektorok

1. TÖMEGFAL

A legegyszerűbb indirekt napenergiát gyűjtő épületszerkezeti elem. A tömegfal egy jó hővezetőképességű, nagy tömegű fal, melynek nap felé néző oldala hőelnyelő felület, mely a hőveszteségek csökkentése érdekében üvegezéssel burkolt.

Részei:

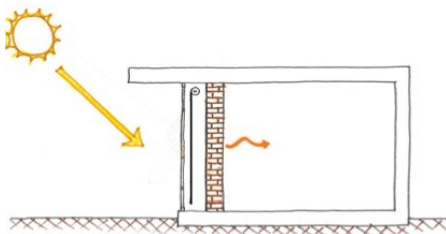
- Tömegfal: nagy tömegsűrűség, jó hővezető képesség, nagy fajhő
- Üvegezés
- Árnyékoló szerkezet (opcionális)



1. 1.Ábra: Tömegfal

Energetikai működési elve:

A napsugárzás 15-20%-át az üvegfelület visszaveri. Az üvegezésen átjutott maradék hányad 80-90%-a tömegfal külső síkján elnyelődik. Az elnyelt hő egy része - a tömegnek megfelelő késleltetéssel a helyiségbe jut. A külső oldalon is felmelegedett tömegfal felülete konvekcióval melegíti az üveggel bezárt légréteget, illetve infra tartományban kifelé is sugároz. A tömegfal energetikai hatékonyságát jelentősen befolyásolja, hogy az infra tartományú hő milyen hatékonyan lehet a nagy tömegű fal és üvegezés között tartani. [3]

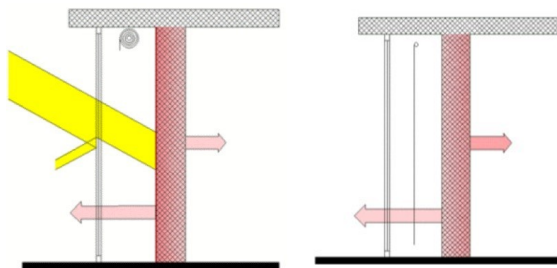


2. 2. Ábra: Tömegfal

Évszakokra lebontott működési elv:

Tél: Télen a teljes hőveszteség 65%-a éjjel, míg 35%-a nappal következik be. Tehát a napközben bejutó energia 65%-át tárolni kell éjszakára. A hőtárolás fontos szerepe abban rejlik, hogy a nagy felületű ablakokon bejutó napsugárzás energiája az a fal tárolja, éjjel pedig a fal mögötti helyiségnek átadja. A tömegfal késleltetése a méretezés fontos eleme.

Télen este az árnyékolót leengedjük, hogy a kifelé irányuló hőáram kisebb legyen.

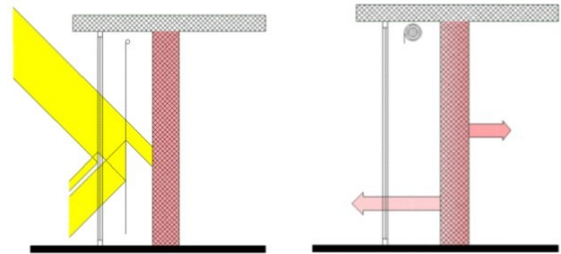


1.3. Ábra: Télen-nappal

1.4. Ábra: Télen-este

Nyáron napközben: A nyáron főleg a nyereségáramok csökkentése érdekében az árnyékolót zárva kell tartani. Amennyiben az üveg és a tömegfal által határolt térben a hőmérséklet melegebb, mint a külső hőmérséklet a kifelé néző alul-felül elhelyezett ablakokat is nyitva kell tartani. A tömegfal hővédelme nyáron hatékonyabb, ha az árnyékoló külvilág felé néző felülete reflektív bevonattal van ellátva.

Nyáron éjszaka: Hozam nélküli időszakban a tömegfal főleg derült időszakban hűtési potenciállal bír, ha a felületről infra tartományban képes hő visszasugározni a környezetbe. A hatás javítható az ablakok nyitott állapotban tartásával. [1]



1. 5. Ábra: Nyáron-nappal

1. 6. Ábra: Nyáron-este

A tömegfal teljesítménye jobb, ha:

- Üvegezés keretaránya kicsi
- Üvegezés hőátbocsátási tényezője kicsi
- Éjjel a hőveszteséget a társított szerkezet csökkenti
- Az elnyelő felület abszorpciós tényezője nagy, vagy felületképzése szelektív
- Az opaque szerkezet réteg hőtároló képessége nagy
- Az opaque réteg hőátbocsátási tényezője nagy

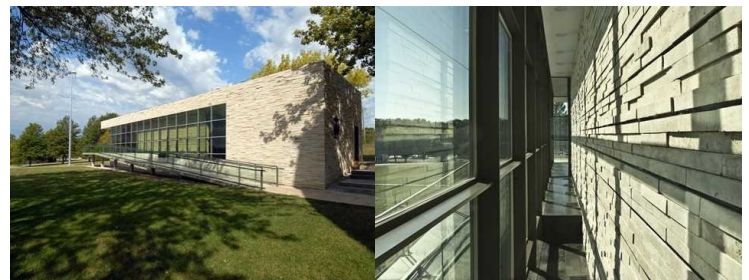
A tömegfalban hőszigetelő réteg nem alkalmazható!

Speciális változatai:

- **Vízfal:** Olyan tömegfal, amelyben az opaque réteg helyett tározó (esetleg üvegből készült) edényekben víz van. Ennek hőtároló-képessége a szilikát réteghez képest tízszeres (ötszörös fajhő és a víz hőmérsékletkülönbségén alapuló) okozta keveredése miatt.
- **Fázisváltó fal:** Hőátvitelre előnyösen használhatók olyan anyagok, amelyek szilárd-folyékony fázisváltása alkalmas hőmérsékletszinten megy végbe. Ilyen anyagok 16, 20, 29, 32, 35, 50-60°C fázisváltási hőmérséklettel, 120-180 kJ/kg fázisváltási hővel ismeretesek. Addig, amíg a fázisváltás le nem játszódik, a hő felvétel vagy leadás állandó hőmérsékleten megy végbe. Ilyen anyagok edényekben, méhsejt szerkezetekben, műanyagmátrixokban való beépítésével egy szerkezet vagy helyiség hőtároló képessége jelentősen növelhető.

Példák:

Egyetemi épület, Kansas USA



2011-ben adták át

Olyan mintha külső homlokzat (függönyfal) folytatódna a homlokzati burkolat.

Egyéb energia tudatos eszközök: tömegfalban, szélturbina, elektromos jármű, töltő állomás, napelem [4]

1. 7.Ábra: Egyetemi épület - Kansas

Egyetemi épület, Georgia USA



1. 8.Ábra: Georgia egyetemi épület [5]

2. TROMBE FAL

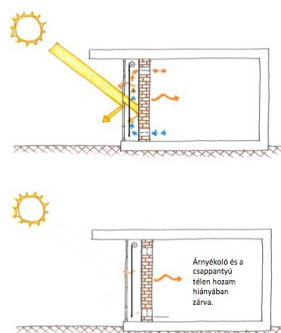
Indirekt napenergiát gyűjtő épületszerkezeti elem. A trombe fal egy jó hővezetőképességű, nagy tömegű fal, melynek nap felé néző oldala hőelnyelő felület, mely a hőveszteségek csökkentése érdekében üvegezéssel burkolt. A tömegfal és a fűtött tér között alul-felül zárható csappantyúkat helyeznek el.

Részei:

- Tömegfal: nagy tömegsűrűség, jó hővezető képesség, nagy fajhő
- Üvegezés
- Alsó, felső nyitható-zárható szellőző nyílások
- Árnyékoló szerkezet (opcionális)



2. 1.Ábra: Trombe fal



2. 2.Ábra: Trombe fal

A tömegfal külső felületét nagy hőelnyelő képességű, sötét felületképzéssel látják el. Az ablakon átjutó napból érkező sugárzás jelentős részét ez a felület nyeli el. A nagy hőtároló- és hővezető-képességű fal az elnyelt energiát késleltetve juttatja a helyiségbe. Az átszellőzők, gravitációs hajtóerővel képesek a levegő segítségével jóval kisebb késleltetéssel a hőt a fűtendő helyiségbe szállítani.

Az árnyékoló az éjszakai veszteségáramokat csökkenti télen, nyáron napközben a túlzott felmelegedés ellen véd. Az üvegfelület ellátható kiszellőztetést segítő szárnyakkal melynek célja a nyári hő-védelem. A csappantyúk éjszakai zárva tartásának párávédelmi okai is vannak.

Energetikai működési elve:

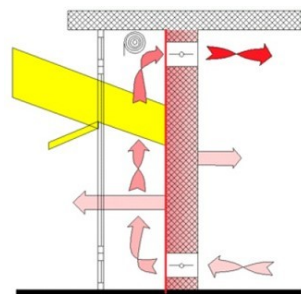
Működési elve ugyan az mint a Tömegfalnak

Évszakokra lebontott működési elv:

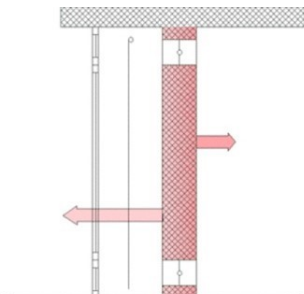
A napsugárzás 15-20%-át az üvegfelület visszaveri, az üvegezésen átjutott maradék hányad 80-90%-a tömegfal külső síkján elnyelődik. Az elnyelt hő egy része - a tömegnek megfelelő késleltetéssel a helyiségbe jut. A külső oldalon is felmelegedett tömegfal felülete melegíti az üveggel bezárt légréteget. A felmelegedett levegő a csappantyúk nyitott állása esetén, a gravitációs hajtóerő segítségével a helyiségbe áramlik. Mivel a helyiségből érkező levegő hidegebb, így ennek hűtőhatása csökkenti az infra visszasugárzás veszteségét. [3]

Télen nappal a társított szerkezet nyitva van. A szellőző csappantyúkat akkor célszerű kinyitni, ha az elnyelő felület hőmérséklete magasabb, mint a helyiség levegőjének hőmérséklete és az adott időszakban a fűtőtéljesítményre valóban szükség van.

Télen éjszaka a társított szerkezet és a csappantyúk zárva vannak a kifelé irányuló veszteségáram mérséklése végett.



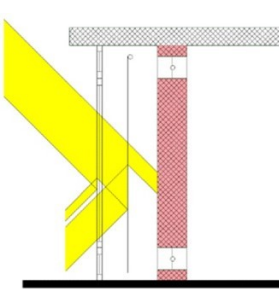
2. 3.Ábra: Télen-nappal



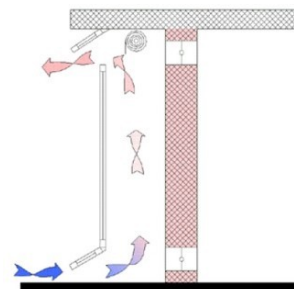
2. 34 Ábra: Télen - este

Nyáron nappal a társított szerkezet zárva van, hogy az elnyelő felületre minél kevesebb napsugárzás jusson.

Nyáron éjszaka a társított szerkezet nyitott, az üvegezés szellőzőszárnyai - ha vannak - nyitottak, hogy a fal lehűljön.



2. 5.Ábra: Nyáron-nappal



2. 6.Ábra: Nyáron-este

A trombe fal teljesítménye jobb, ha:

Üvegezés keretaránya kicsi

Üvegezés hőátbocsátási tényezője kicsi

Éjjel a hőveszteséget a társított szerkezet csökkenti

Az elnyelő felület abszorpciós tényezője nagy, vagy felületképzése szelektív

Az opaque szerkezet réteg hőtároló képessége nagy

Az opaque réteg hőátbocsátási tényezője nagy

A szellőzőcsappantyúk nyitása-zárása a megfelelő időben történik

A trombe falban hőszigetelő réteg nem alkalmazható! [1]

Példák:

Blue Ridge Parkway Destination Center, Észak-Karolina

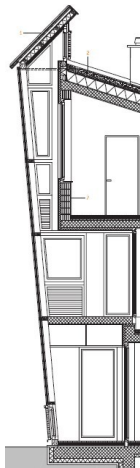


2. 7.Ábra: Blue Ridge Nemzeti park [6]

Nem volt látogató központ. 2007 novemberére lett kész. Évente 11millió látogatottság.

Cél volt: minimális ökológiai lábnyom

75% kevesebb energiát fogyaszt mint egy hasonló épület.



3. 8. Ábra: Szociális lakások [7]

2008-ra lett befejezve.

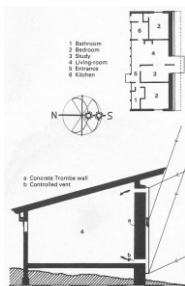
Cél volt: egyszerű olcsó szerkezetek, széles ökológia felhasználás.

Egyéb energia tudatos felhasználások: passzív napenergia felhasználás, komposztálás, csapadékvíz hasznosítás, négyfelületű kollektorok, szabályozott szellőzés,...

Solar House, Odeillo Franciaország



2. 9. Ábra: Solar House [8]



Felix Trombe tervezte 1967, ő nevéhez fűződik a tromble falszerkezetek

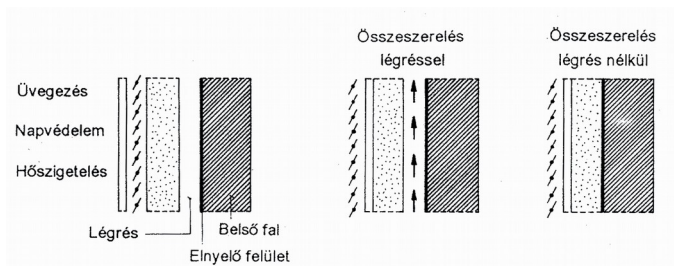
Az épület prototípusa a napelemes háznak, szerves része a tromble fal.

3. TRANSPERENS HŐSZIGETELÉS

A transzparens (átlátszó) hőszigetelések lényege az, hogy a külső falak külső síkját a napsugárzást többé-kevésbé áteresztő hőszigeteléssel burkoljuk. A beeső sugárzási energia java részének elnyelése a hőszigetelés mögött, a fal síkján történik. Ezt a síkot a környezettől a hőszigetelő réteg választja el, az elnyelt energia nagy része - a könnyebbik utat választva - a kis ellenállású, nagy tároló- képességű falba hatol be. A hőszigetelés és a fal érintkezési síkján olyan magas hőmérséklet alakul ki, hogy a helyiségnek a szerkezeten keresztül hőnyeresége van, de még borúsabb időben is lényegesen csökkennek a hőveszteségek.

A transzparens fal nyáron

A hőszigetelő anyag károsodását (és a helyiség túlzott felmelegedését) megelőzendő a külső felületet nyáron védeni kell a sugárzástól. A hőmérséklet-változások gondot okozhatnak, ha a külső falban hőhidak vannak. Itt a felületi hőmérséklet más lesz, mint az általános helyen, a hőmérséklet-különbségek eltérő hőmozgásokat, illetve ezek gátlása esetén dilatációs feszültségeket eredményeznek és a belső oldalon repedések kialakulásához vezetnek, amelyek ugyan az állékonytságot nem veszélyeztetik, de nem esztétikusak és nem bizalomgerjesztőek. A nyári félévben fellépő kedvezőtlen hatások elleni védekezés árnyékolással, hőhatásra elsötétedő különleges (termotróp), magas napállásra sötétedő (fototróp) üvegezéssel, szellőztetett légréteg beiktatásával lehetséges. Talán legmegfelelőbb a külső árnyékoló alkalmazása, működése automatizálható, a megfelelő üzemviteli szempontok szerint vezérelhető. A szigetelés és a fal között gyakran 1 cm légrést hagynak, hogy a szigetelőanyaga magas hőmérsékletű elnyelő felülettel közvetlenül ne érintkezzen. Ez egyúttal a páraakumulációt is szorgalmazja. Ezek különböző kialakításait a 3.1 ábra mutatja be.



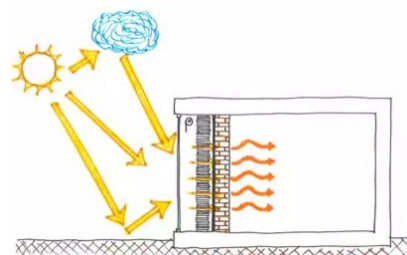
3.1 ábra Hagyományos megoldások sematikus ábrái

A transzparens fal a fűtési időnyben nappal

A sugárzás egy része a transzparens rétegben, nagy része a teherhordó réteg külső felületén nyelődik el. Az elnyelő felület hőmérséklete megemelkedik, a helyiség felé hőáram indul meg (vagy kisebb nyereség esetén legalábbis a helyiség hővesztesége csökken). Hőáram természetesen az elnyelő felülettől kifelé is kialakul, ez azonban a transzparens hőszigetelő réteg nagy ellenállása miatt csekély lesz. A hőáramok fordítottan arányosak az elnyelő felülettől kifelé és befelé mért hőátbocsátási ellenállásokkal, ezért a helyiség felé irányuló hőáram nagy lesz. A teherhordó rétegen át a hőáram csillapítva és időben késleltetve jut a helyiségbe.

12 óra késleltetésre ideális a szerkezetet méretezni, mivel egy jól tervezett épületszerkezet esetén a direkt (üvegezett nyílászárók) és indirekt (pl.: átlátszó szigetelésű fal) szerkezetekkel gyűjtött hő egyensúlyban lehet oly módon, hogy a hozam alatti időszakban a kisebb késleltetésű direkt, a hozam szüneti időszakban az indirekt szerkezet nyereségárama érvényesül. A megfelelően méretezett csillapítású faltömeg csökkenti a fölösleges túlfűtés kockázatát.

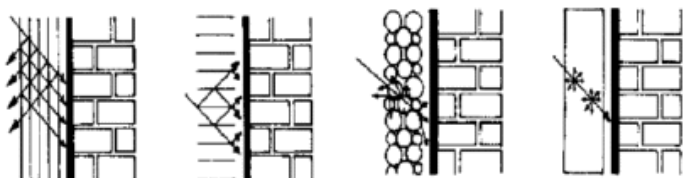
Az átlátszó szigetelésű fal a diffúz sugárzást hatékonyabban hasznosítja, mint az egyéb indirekt rendszerek, mivel a „sokirányból” érkező sugárzást az abszorber felületre a kapillárisok merőlegesen irányítják.



3.2 ábra-
Működés elvi
ábrája

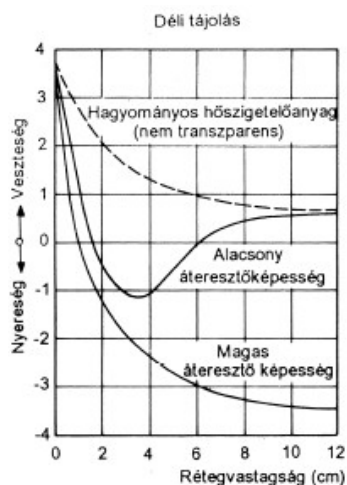
Megfelelő struktúra és vastagság kiválasztása

A transzparens hőszigetelő rétegnek többféle struktúrájú lehet. A homlokssíkkal párhuzamosan elhelyezett fóliák között több légréteg alakul ki. A fóliák kis emissziós tényezőjű felületbevonatolással láthatók el. A fóliák között azonos anyagból távtartó bordarendszer is van. Gyakorta alkalmaznak a homlokssíkra merőleges tengelyű, mindkét végükön nyitott kapilláriscsövecskékből álló struktúrákat. Anyaguk UV-stabilizáló adalékkal készített polikarbonát vagy akrilüveg. Ennek a *struktúrának* – a geometriából adódóan – igen kicsiny visszaverési tényezőjük van, mert a visszavert hányad befelé irányul. A kicsiny méretek ($d = 1-4$ mm, $l = 50-100$ mm) és a méretarányok gyakorlatilag lehetetlenné teszik a légmozgást és az azokhoz kapcsolódó konvektív hőátvezetést. A szokásos vastagság 50–100 mm. A 100 mm vastag struktúra hőátbocsátási tényezője $U = 0,8 \sim 0,9$ W/m²K, fényáteresztési tényezője 0,57 ~ 0,69, összszugárzás-átbocsátási tényezője ~ 0,64–0,70.



3.3 ábra- Szerkezeti struktúrák

A transzparens szigetelések tulajdonságai nem függetlenek egymástól. A sugárzásátbocsátó képesség és a hővezetési ellenállás egyaránt függ a rétegvastagságtól. Ez a függőség kisebb a homlokzat síkjára merőleges kapilláris és sejtsztruktúrák esetében. A hab és granulátum formájú anyagok esetében az átvezetőképesség a vastagság növelése esetén erősebben csökken. A homlokzatra merőleges sejtsztruktúrák sugárzásátbocsátó képessége nagyobb, mint a többi transzparens szigetelőanyagstruktúráé. A vastagság függvényében a hőszigetelő képesség és a sugárzásáteresztő képesség ellentétesen változnak (6.23 ábra). A homlokzatra merőleges sejtsztruktúra esetén a célszerű vastagság (még elég jó sugárzásáteresztés, már elég jó hőszigetelő hatás) mintegy 60–100 mm. A vastagság optimumkereséssel állapítandó meg, az optimum a klimatikus feltételektől, a tájolástól és a benapozástól is függ.



3.4 ábra-Különböző áteresztőképességű transzparens hőszigetelések látszólagos hőátbocsátási tényezője a vastagság függvényében, déli tájolású homlokzat



3.5 ábra- Aerogel

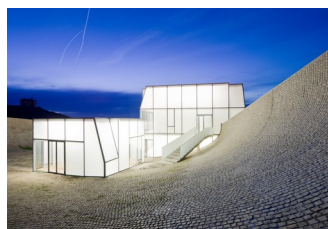
Viszonylag olcsóbb megoldást kínál az 1-6 mm átmérőjű aerogélgyöcskák által álló granulátum alkalmazása két üvegtábla között. Ez 16 mm vastagságban $U = 0,8$ W/m²K hőátbocsátási tényezőjű, fényáteresztési tényezője ~ 0,4, összszugárzás-átbocsátási tényezője 0,5. (A fényáteresztés rosszabb, mint a 100 mm vastag kapillárisstruktúrájú transzparens szigetelésé.) Ám mivel ennek a felhasználása olyan helyeken ésszerűsíti a hőszigetelést, ahol nem tud létrejönni a passzív energiagyűjtés, ezért ennek részletes ismertetésétől eltekintünk.

Direkt felhasználás

Transzparens hőszigetelést két üvegtábla között elhelyezve jól hőszigetelt bevilágítók alakíthatók ki. A translucens bevilágítóelemek előnye: nagyobb felület alkalmazható, egyenletesebb a fényeloszlás, diffúz és káprázatmentes a fény, magasabb a bevilágítórendszer felületi hőmérséklete, ennek következtében jobb a hőérzet és az állandó tartózkodási helyek – például egy irodában vagy egy iskolában – közelebb lehetnek a bevilágító felülethez, kevésbé kötöttek (hőérzeti szempontból) a bútorozási feltételek, jobb a helykihasználás. Nyáron árnyékolóval a hőterhelés nem nagyobb, mint ami egy

korszerű mesterséges világításból származna. Az árnyékolóval a túl magas megvilágítási szint is kiküszöbölhető. Egy második, szelektív árnyékolóval a rövid infraszugárzás reflektálható, ami tovább javítja a hőterhelés és a természetes megvilágítás arányát.

Egyes funkciók esetében elvárás a szórt fénnel való megvilágítás, mint például a múzeumok, festő, szobrász műhelyek, itt a gyakran sok szerkezeti problémát jelentő, vagy a koncepcióba nehezen beilleszthető, és nagy tömör homlokzati falaktól eredményező felülvilágítók helyettesíthetők. Erre a célra alkalmaztak eddig is egyszerű polikarbonát lemezeket, ám ezek hőátbocsátási tényezője elég magas. Erre egy kitűnő példa a Steven Holl által Franciaországba tervezett „Óceán és szörf” múzeum. Az összes határoló fal transzparens szerkezet, melynek nagy része a német Okalux cég Kapilux nevű szerkezete, illetve kisebb részt normál üvegezéssel szerkezetek. Egy érdekesség, hogy a cég nevéhez fűződik az üvegezés és a LED világítás „együttműködésének” innovációja, melyért az ilyen témájú versenyeken remek eredményeket ért el az energiahatékonysága miatt.



3.6 ábra- Museum of Ocean and Surf- Steven Holl



3.7 ábra- Buszmegálló LED világítással, Németország

Az új épületeknél való felhasználása mellett a transzparens hőszigetelés előnyösen alkalmazható meglévő épületek felújítása során. Ebben az esetben több kötöttséggel kell számolni a tervezés során. Erre egy megvalósult példa a freiburgi autonóm ház., melynél a nyílászárók a keretekről azonosíthatók, a homlokzat többi felülete transzparens hőszigetelésű, az ábra bal oldalán az ezüst színű mezőkben az üvegezés és a hőszigetelés között az árnyékolófüggönyöket leeresztették.



3.8 ábra- A freiburgi autonóm ház

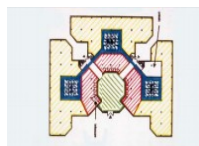
Egy másik megvalósult példa, Társasházak, Freiburgban (Tervező: R. Disch) A nyolc lakásos lakásos társasház társasház az 1950-es években épült. Az épület DNy-i homlokzatán 120 m² felületű, 10 cm vtg. méhsejt struktúrájú transzparens hőszigetelés készült, favázis üvegezett szerkezetben. - Az üvegezett szerkezetben a transzparens hőszigetelés előtti légrésbe automatikusan működtetett árnyékoló textilszerkezet került elhelyezve, amelynek zárt-, illetve nyitott állapotától függően a hőátbocsátási tényező értéke 0,4-0,5 W/m²K. - A fennmaradó felületek hagyományos hőszigetelése 10 cm vtg. kemény PUR-hab lemezekkel történt. - A felújítást követően az épület mért fajlagos éves fűtésienergia-felhasználása 42 kWh/m²



3.9 ábra- Freiburgi társasház a felújítás előtt és után

Egy nagyobb léptékű példa egy irodaépület Düsseldorfban, amelyen összesen 1670m² összfelületű transzparens hőszigetelés helyezkedik el. A homlokzati transzparens hőszigetelésű függőfal 12 cm összvastagságú üveg szendvicsszerkezet, melynek külső üvegfala mögött 8 cm vastag légrésben automatikus szabályozású fémlemez szaluzia van elhelyezve. A szaluzia zárt állapotában a függőfal szerkezet hőátbocsátási tényezője 0,5 W/m²K, nyitott

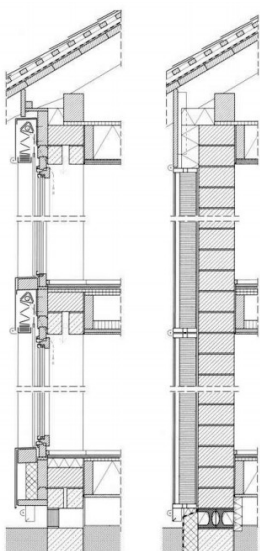
állapotban $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.



3.10- ábra
Irodaépület,
Düsseldorf-
G. Böhm

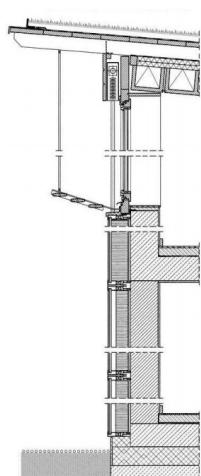
Példák indierkt felhasználásra

Svájc: lakóház
konvektív szolár-fala TRH a falon:
☒ 4 mm üvegtábla
☒ 120 mm műanyag kapillár-lemez
☒ sötét abszorber lemez
☒ 8 mm légrés
☒ 240 mm mészhomoktéglá fal



3.11 ábra- Svác, lakóház-1

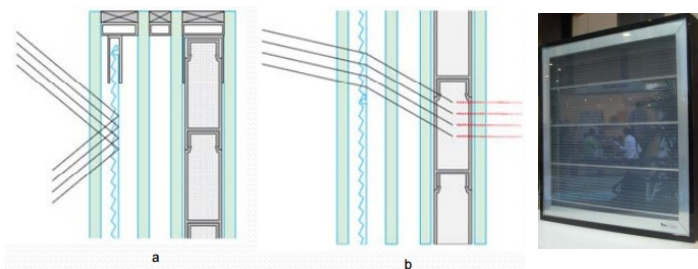
Svájc: lakóház
konvektív szolár-TRH Aluminium keretes elemként: :
☒ 5 mm üvegtábla
☒ 12 mm légrés
☒ 120 mm kapillár-lemez
☒ 5 mm üveg
☒ fekete hőelnyelő bevonat
☒ 240 mm mészhomoktéglá fal



3.12 ábra- Svác, lakóház-2

Fejlesztési irányok

1. Fázisváltó fallal kombinált transzparens hőszigetelésű üvegfal



3.13 ábra- Fázisváltó fallal kombinált transzparens hőszigetelésű üvegfal elvi kialakítása és működése. a-nyári állapot ($>40^\circ$), b-téli időszak ($<35^\circ$), b a nyári állapot (40°), b téli időszak (35°), (GLASSXcrystal)

Egy megépült példa a zürichi nulla energiaigényű lakónegyed, amely 2007-ben megkapta a svájci szolárdíjat. Néhány adat a szerkezetről:

- Elemvastagság: 79 mm
- Max méret (sz/m): 150/280 cm
- $U < 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$
- gdir= 48%, gdiff= 29%
- Hőtárolási kapacitás: 1185 Wh/m²
- Hőtárolási hőmérséklet: 26-28 °C

2. Indirekt hasznosítású transzparens hőszigetelésű kontakt szolárfalak, hagyományos EPS szigetelésbe integrált változata



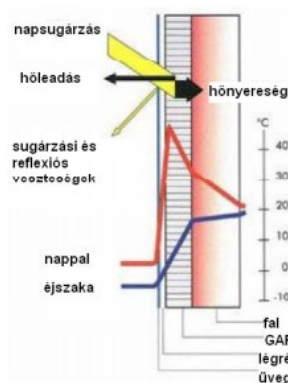
3.14 ábra-
Falmetszet elvi kialakítása

3.15 ábra-Az egyesített rendszerű transzparens hőszigetelés megvalósult példája épület utólagos hőszigetelése részeként (Villa Tannheim, Freiburg)



Szoláris felújítás: Villa Tannheim, Freiburg (Tervező: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg) Az eredetileg lakóépület 1900 körül épült, 1994-től a Nemzetközi Napenergia Társaság központja. -Az 52 m² összfelületű, 10 cm vtg. kapilláris struktúrájú, egyesített rendszerű transzparens hőszigetelésű falak fűtési energiamegtakarításának mértéke 30 kWh/m²a. - A korábbi, már elhasználódott nyílászárókat, az eredetivel megegyező stílusú, háromrétegű hőszigetelő ablakokra cserélték fel. - A felújítást követően az épület mért fajlagos éves fűtésienergia-felhasználása 68 kWh/m²a.

3. Részben fényáteresztő transzparens hőszigetelések- papír hullámkartonnal



3.16 ábrák- Működési elv, szoláris felújítás papír hullámkarton anyagú transzparens hőszigeteléssel



Példa a tömegfal egy speciális fajtájára

Érdekes kísérletezgetés a szoláris rendszerekkel. Az eredménye egy olyan hőtároló fal, ami integrálja a termikus szolártechnika minden egyes elemét: a transzparens hőszigetelést, az abszorbert, a termikus hőtároló rendszert és a túlhevülés elleni védelmet. A külső réteg nagy fényáteresztő képességű biztonsági üvegből készült, ezt 12 mm argonréteg követi. A második üvegréteg 6 mm vastag prizmaüveg, ami a meredeken beeső nyári napfényt teljes mértékben visszaveri, míg az alacsonyan járó téli napfényt átereszt. Ezáltal teljesen kizárható a nyári túlhevülés. Végül argon-, biztonságiüveg-, argon- és még egy biztonságiüveg-réteg következik, majd 40 mm-es PCM-Akku és a belső tér irányában egy lezáró biztonságiüveg-réteg. A PCM-Akku kis műanyag fakkokból áll, amelyeket speciálisan e célra kiválasztott paraffinnal töltöttek meg. A beeső téli napsugarak hatására a paraffin szobahőmérsékleten is felolvad, és hőtároló segéd közegként funkcionál. A szilárd-folyadék és folyadék-szilárd halmazállapot-változás miatt a paraffin tízszer annyi hőt képes tárolni, mint a beton. Mivel a kis műanyag fakkok színesek, a fényt közvetlenül a tárolóközeg nyeli el, ami egyenletes felolvadást biztosít. A tárolt hőmennyiséget a fal folyamatosan, hőszugárzás formájában adja át a belső levegőnek. A működési folyamat szemmel is jól követhető, hiszen az olvadt paraffin jobban átereszt a fényt, tehát napfényes téli napokon a fal belülről világosabbnak látszik, a hidegebb napokon pedig, amikor a tárolt hőt folyamatosan leadja, ismét besötétedik. Mivel nyáron a prizmaréteg miatt a fény nem jut át a falon, ilyenkor szintén nem olvad fel a paraffin réteg, a fal sötét marad. A belső üvegrétegre szitanyomással bármilyen színt és mintázatot fel lehet vinni, ezáltal a látvány igény szerint alakítható, de választhatjuk a semleges fehér színt is. A rendszer a beépítés után azonnal működőképes, és semmiféle üzemeltetési költséggel nem jár.

Az ebnat-kappeli egyszintes ház mintegy 20 m hosszú és 6,50 m széles épülettest, amelyhez hozzájön még a garázs és a tárolóhelyiség is. Az északi homlokzat 3,30 m magas. A félnyeregűtető a déli oldalon 4,50 m magasságig emelkedik, így a napos oldal irányában megnő a benapozott felület. Mindezek ára 1763 Euro volt 2000-ben, egy négyzetméter hasznos lakótérre vonatkoztatva,

amihez -26 kWh/m^2 -a primerenergia-felhasználás és $5,77 \text{ kWh/m}^2$ -a éves hőigény értékek párosulnak.



3.17 ÁBRA-CSALÁDI HÁZ, EBNAT KAPPEL, SVÁJC

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] 1: Szikra Csaba, Szoláris rendszerek, 2011,
- [2] 2: M. Borbas, A napenergia hasznosítás , 2009
- [3] 3: , <http://www.egt.bme.hu/energia/> ,
- [4] 4: , <http://www.holcimfoundation.org/Projects/energy-efficient-university-building-lawrence-ks-usa###> ,
- [5] 5: , <https://www.educate-sustainability.eu/kb/content/mass-walls> ,
- [6] 6: , http://www.matteodefelicename.com/blog/wp-content/uploads/2010/07/5-06_Edifici_ed_energia-Quartiere_Gneiss_Moss_.pdf ,
- [7] 7: , http://www.matteodefelicename.com/blog/wp-content/uploads/2010/07/5-06_Edifici_ed_energia-Quartiere_Gneiss_Moss_.pdf ,
- [8] 8: , <https://jjureidini.wordpress.com/2011/01/18/trombe-wall-case-studies/> ,

IRODALOM

Épületenergetika- Csoknyai Tamás, Zöld András

Szoláris rendszerek- Szikra Csaba

Transzparens hőszigetelések fejlesztési irányai- Dr. Szűcs Miklós PhD.

Prof. Dr. Zöld András- Energiagyűjtő falak, Debreceni Egyetem energiatudatos építészet előadás

Anton Graf- Passzívházak, TERC

Passzív szoláris szerkezetek- Dr Csoknyai Tamás

Üveg épületszerkezetek- Transzparens hőszigetelések, transzculens falak- Dr Széll Mária:

http://www.epito.bme.hu/met/oktatas/feltoltesek/BMEEOMEMAT3/transzparen_s.pdf

www.okalux.de

<http://www.egt.bme.hu/energia/passziv/>

<http://www.architectureanddesign.com.au/news/industry-news/innovative-glass-applications-secure-international>