



HI-SMART: HIGHER EDUCATION PACKAGE FOR NEARLY ZERO ENERGY AND SMART BUILDING DESIGN

3. MODUL

1 FEJEZET: ÉPÜLETSZERKEZET TEMPERÁLÁS - TERMIKUSAN AKTÍV ÉPÜLETRENDSZEREK (TABS)

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



3.1.1 A HŐÁTADÁSI FOLYAMATOK ÁTTEKINTÉSE

Ha hőmérséklet-különbség van, hőátadás történik. Az épületekben a hőátadás három módon történik a benttartózkodók és a környezetük között:

- Hővezetés
- Konvekció
- Hősugárzás

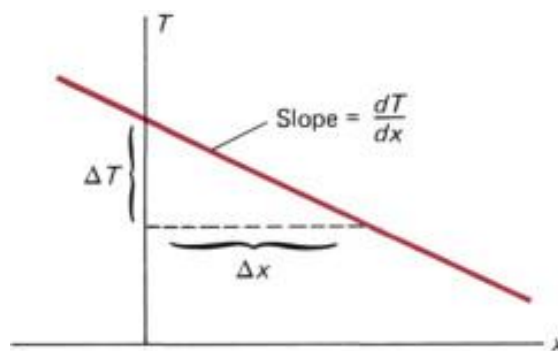
A hővezetés hőátadást jelent szilárd anyagok között fizikai érintkezés útján. Fourier megfogalmazott egy törvényt a hővezetésről, amely ma az ő nevét viseli (Fourier-törvény). A definíció szerint "a hővezetésből eredő hőáram, q (W/m^2), arányos a hőmérsékleti gradiens nagyságával, és előjele ellentétes vele". [1] Az arányossági tényezőt k -nak nevezzük. Az egyenlet a következő:

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

ahol,

k - hővezető képesség (W/mK , J/msK); (k helyett gyakran használják a λ -t)

A hő a magas hőmérséklet felől az alacsony hőmérséklet felé áramlik, ezért dT/dx negatív, mivel az x növekedésével a hőmérséklet csökken, így a dT/dx meredeksége, azaz a hőmérséklet gradiens negatív lesz (lásd az 1. ábrát). Annak érdekében, hogy a hőáram pozitív maradjon, mivel a hő mindig magas hőmérsékletről alacsony hőmérsékletre áramlik, a Fourier-egyenletben negatív előjelet alkalmazunk.



1. ábra. Egydimenziós hőáramlás - A hőmérsékleti gradiens meredeksége [4]

Egydimenziós hővezetés esetén a hőáramlás iránya ismert (q a magas hőmérsékletről az alacsony hőmérsékletre áramlik), ezért Fourier törvénye egyszerűsített formában leírható:

$$q = k \frac{\Delta T}{L}$$

ahol,

k - hővezető képesség (W/mK, J/msK)

L - a vastagság a hőáramlás irányában (m)

A konvekció a folyadékokon (folyadékokon, gázokon) keresztül történő hőátadás. "A testtel (vagy tárggyal, pl. fallal) közvetlenül szomszédos folyadék egy vékony, lelassult réteget képez, amelyet határrétegnek nevezünk. A hő ebbe a rétegbe kerül, amely kiszorítja, és így távolabb az áramlásba keveredik. A mozgó folyadék által történő hőelvezetés ilyen folyamatait konvekciónak nevezzük". [1]

Newton a konvektív folyamatot vette figyelembe (hűtés esetén), és később a nevét viselő egyenletet állandósult állapotra alkotta meg, nevezetesen:

$$q = \bar{h}(T_{body} - T_{\infty})$$

ahol

h - hőátadási együttható (átlag a tárgy vagy test felületén) (W/m² K, J/sm² K)

A sugárzás elektromágneses sugárzás útján történő hőátadás. "A sugárzó energiaáramlás intenzitása a test hőmérsékletétől és a felület jellegétől függ. A tökéletes hősugárzás egy fekete test, amely minden energiát képes elnyelni, és semmit sem ver vissza". [1]

Egy nem fekete test képes elnyelni (α), visszaverni (ρ) és továbbítani (τ) a beeső energiát.

$$1 = \alpha + \rho + \tau$$

Fekete test esetén $\alpha=1$ és $\rho=\tau=0$

A Stefan-Boltzmann-törvény érvényesül: "Egy felület által kibocsátott teljes sugárzó hőteljesítmény az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos. Ha E az egységnyi területről egy másodperc alatt kibocsátott sugárzó hőenergia (azaz az egységnyi területről származó teljesítmény) és T az abszolút hőmérséklet, akkor

$$E = \sigma T^4$$

ahol,

σ - az arányossági állandó, az úgynevezett Stefan-Boltzmann-állandó. Ez az állandó értéke $5,670374419 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$. " [1]

A törvény csak fekete testekre vonatkozik, olyan elméleti felületekre, amelyek minden beeső hősugárzást elnyelnek."

Hogyan történik a sugárzásos hőcsere?

Tegyük fel, hogy egy tárgy (1. tárgy) csak a 2. tárgyra sugároz, és mindkettőt termikusan fekete testnek tekintjük. Ebben az esetben az 1. objektumról a 2. objektumra átadott nettó hő a következő:

$$Q = A_1 E(T_1) - A_2 E(T_2) = A_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Ha az 1. objektum a 2. objektumon kívül más objektumokat is "lát", akkor az egyenletbe bele kell venni egy F_{1-2} látási vagy alaki tényezőt:

$$Q = A_1 F_{1-2} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

3.1.2 VIZES FŰTÉSI RENDSZEREK AZ ÉPÜLETEKBEN

A vizes sugárzó fűtési rendszerrel ellátott épületekben - legyen szó felületfűtésről vagy termikusan aktivált épületrendszerről - mindhárom típusú hőátadás előfordul.

A rendszerek akkor tekinthetők sugárzónak, ha a kondicionált térrel való hőcsere több mint 50%-a sugárzás útján történik, és akkor tekinthetők vizes rendszernek, ha a víz a hőhordozó vagy a hőelosztás közege.

A sugárzó fűtési és hűtési rendszerek három kategóriába sorolhatók:

- Sugárzó fűtési vagy hűtési panelek
- A fő épületszerkezettől elszigetelt, de beágyazott csövek: sugárzó felületi rendszerek
- Az épület főszerkezetébe ágyazott csövek (TABS – Épületszerkezet temperálás)

Hogyan és hol történik a három hőátadási mód a TABS esetében?

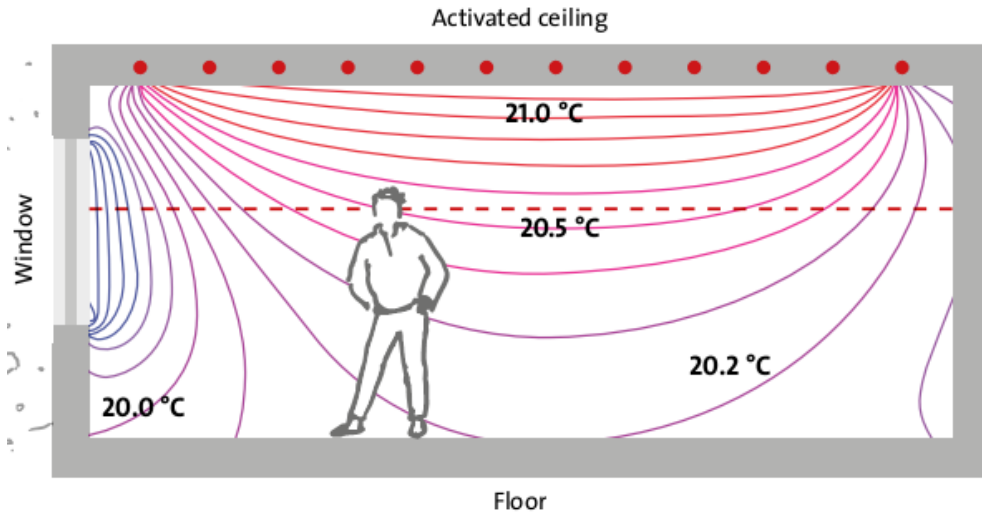
A hőelvezetés a beágyazott elosztócsövek és az épületburkolat (födémek vagy felületek) között történik.

A rendszerek elosztócsöveiben **hőkonvekció** lép fel. Ez *kényszerkonvekció*, mivel a vizet szivattyú mozgatja és nyomáskülönbség van jelen. Konvekció történik a hideg fal/ablakfelület és a beltéri levegő között is. Ez *természetes konvekció*, amelyet a sűrűségkülönbség okoz.

Hősugárzás a helyiségben lévő felületek között történik, ha azok különböző hőmérsékletűek.

3.1.3 MI A TABS PONTOSAN?

Az épületszerkezet temperálást végző rendszert általában az épület építési fázisában építik ki, vagy előregyártott épületelemekként szerelik be. A csöveket az épületek betonfödémjébe (amely nagyon jó hővezető tulajdonságokkal rendelkezik) ágyazzák be az emeletek között. Lehetőség van előre gyártott TABS-rendszerek már meglévő épületelemekhez történő rögzítésére is.



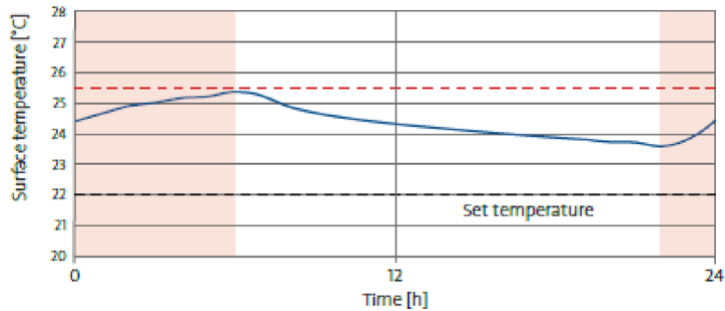
2. ábra. Egyenletes hőmérséklet-eloszlás TABS-szel télen [2]

Ez a megoldás viszonylag nagy hatásos hőcserélő felületet biztosít, ezért felületfűtésnek vagy -hűtésnek tekintik.

A betonlapok nagy hőtömeggel és hőkapacitással rendelkeznek, ezért nagy a hőtehetetlenségük (az a lassúság, amellyel egy test hőmérséklete megközelíti a környezetének hőmérsékletét). Pl. fűtés esetén a csövekből nagy mennyiségű hőt lehet a födémbe vezetni anélkül, hogy az ellátási hőmérséklet nagymértékben megemelkedne.

A beton tárolókéességének köszönhetően a hő hosszabb ideig tud a helyiségbe sugározni, és az előremenő hőmérsékletnek nem kell magasnak lennie. (2. ábra.)

Hűtés esetén a födém tárolja a napközben keletkező hőt, és később a beágyazott rendszerben lévő keringetett hideg víz el tudja vinni a tárolt hőt a födéméből. Ily módon a hűtési igény a hőterheléshez képest más időpontra tolódik, azaz valószínűleg az éjszakai időszakra, amikor az olcsóbb éjszakai tarifás villamosenergia-árak érvényesek. (Lásd a 3. ábrát.)



3. ábra. A TABS felületi hőmérséklete 24 órán keresztül [2]

A grafikon egy fűtési állapotot mutat be: a felületi hőmérsékletet mutatja egy TABS rendszer esetében, 24 órára vonatkozóan. Látható, hogy a felület fűtése az éjszakai - csúcsideőn kívüli - órákra tolódik. A fűdém a nap elejére "feltöltődik". Ekkor a keringés leáll, és a fűdém egész nap hűt ad le, amíg a fűtés este újra be nem indulhat.

A TABS használata esetén a szellőztető rendszer elsősorban az igényelt mennyiségű friss levegő biztosítására szolgál. A szellőztetés természetesen a hőterhelés egy részét is eltávolíthatja, de a hőterheléseket elsősorban a temperált épületszerkezetekkel vonják ki a terekből.

Állandósult hűtés esetén a TABS-ek kapacitása 30-80 W/m² -ig terjed. (a határérték a harmatpont miatt van). A TABS fűtési teljesítménye kb. 25-40 W/m² .

3.1.4 AZ ÉPÜLETSZERKEZET TEMPERÁLÁS ELŐNYEI

A TABS előnyei a következők:

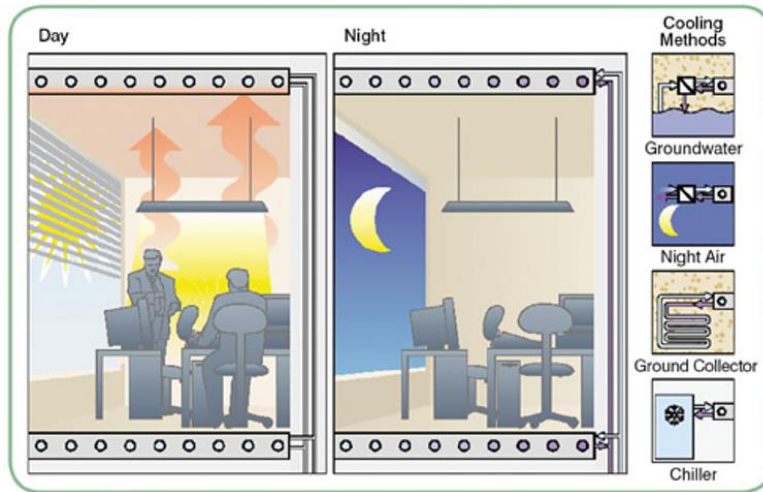
A terhelések eltolódása miatt kisebb csúcsterhelések lesznek jelen, ezért elegendő egy kisebb hőellátó rendszer.

Az épületek magassága csökkenthető (nincs szükség álmennyezetre a légkondicionáló rendszerekhez), ami az építőanyagok megtakarítását eredményezi.

Fűtési üzemmódban alacsony (24-32 °C), hűtési üzemmódban pedig magas (16-20 °C) hőmérsékleten működnek. A környezetbarát energiaforrások gazdaságosan használhatók.

Hűtési célokra éjszakai szellőztetés is használható - szabad hűtés. Ebben az esetben az épületet éjszaka levegővel hűtik, a TABS pedig elviszi a felesleges (de nem magas) nappali hőnyereséget. (4. ábra.)

A rendszer telepítése egyszerű és olcsó - nincs szükség speciális eszközökre. Az üzemeltetési és karbantartási költségek is alacsonyak.



4. ábra. Éjszakai hűtés TABS-szel (Forrás: <https://www.eco-structures.net/single-post/2018/05/19/How-To-Grow-Your-Concrete-Mindset>)

Mindazonáltal vannak bizonyos peremfeltételek, amelyeknek teljesülniük kell ahhoz, hogy a TABS alkalmazható legyen:

- A TABS-ek a legjobban többszintes épületekben használhatók. Használhatók egyszintes épületekben is, de akkor a TABS-t a padlóba és a mennyezetbe építik be, és a betonból készült mennyezetet felülről nagyon jól szigetelni kell.
- Mivel nem engedélyezett az álmennyezet, az akusztikai kérdéseket más módon kell megoldani. Az akusztikus vakolatokat is kerülni kell.
- Az épület burkolatának kialakítása nagyon kritikus. A legfontosabbak a következők:
 - az épületburkolat jó hőszigetelése (alacsonyabb U-értékek)
 - megfelelő napsugárzás elleni védelem,
 - árnyékoló elemeket kell felszerelni.
- Az épület korai tervezési fázisában (az építéssel való együttműködés) fontos döntéseket kell hozni a komponensek aktiválásának kiválasztásáról is.

3.1.5 A MENNYEZETEK TERMIKUS AKTIVÁLÁSA (TAC)

A mennyezetek termikus aktiválásával szemben előítéletek lehetnek, aminek az az oka, hogy az emberek tudják, hogy a meleg levegő felemelkedik.

Egy nagyon fontos jellemzője a nagy felületű hőleadó rendszereknek, hogy a fűtött területek viszonylag alacsony felületi hőmérséklete miatt a hőátadás konvektív részaránya alacsony. Ezért a TABS sugárzó fűtési rendszernek tekinthető. A hőszugárzás tömeg nélküli, ezért független a gravitációtól - a mennyezetről fog hőt sugározni.

3.1.6 A TABS ÖNSZABÁLYOZÓ HATÁSA – SELF REGULATING EFFECT

A TABS fontos jellemzője az önszabályozó hatás. Amint azt korábban már említettük, a TABS előremenő hőmérséklete fűtőskor meglehetősen alacsony, hűtőskor pedig meglehetősen magas. Ez azt jelenti, hogy a födém fűtött részeinek felületi hőmérséklete csak kevéssel a helyiség hőmérséklete felett (vagy alatt) van. Ha a hőmérsékletkülönbség egyre kisebb lesz a felület és a helyiség között, annál kisebb lesz a TABS hőteljesítménye, illetve hűtés esetén annál kisebb lesz az alkatrész hőfelvétele.

Fűtéshez:

Helyiség hőmérséklet	A TABS hőteljesítménye
Ha növekszik	Ezután csökken
Megegyezik a határolószerkezet felületi hőmérséklettel	Nincs hőátadás

Hűtéshez:

Helyiség hőmérséklet	A TABS hőelvonása
Ha csökken	Ezután csökken
Megegyezik a határolószerkezet felületi hőmérséklettel	Nem von el több hőt

Fűtés esetén, a fűtött födém felületi hőmérséklete nem lehet 4 K-nál magasabb a beállított szobahőmérsékletnél. Ha ez igaz, akkor a TABS önszabályozó hatása kihasználható. Ez az "önszabályozó hatás" olyan fűtési rendszereknél jelentkezik, amelyek viszonylag alacsony hőmérséklettel működnek, és olyan hűtési rendszereknél, amelyek a hűtőközeg viszonylag magas hőmérsékletével dolgoznak. Az önszabályozás eredményeként, ha egy hőre aktivált mennyezet felületi hőmérséklete 24 °C, a mennyezet 24 °C-on nem ad le több hőt, függetlenül a fűtőközeg áramlási sebességétől a csőregiszterben. Ez az önszabályozás

nagymértékű egyszerűsítést jelent az épületgépészeti rendszer és a technológia tekintetében.

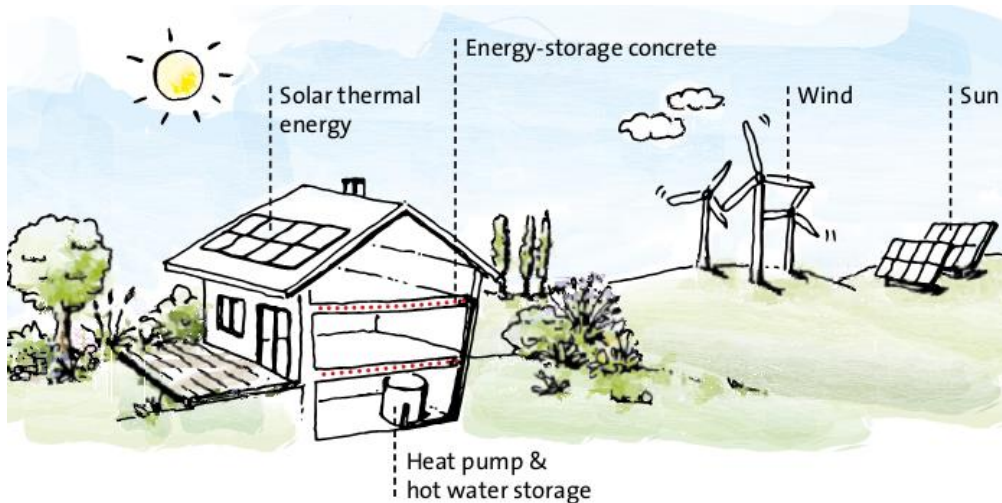
3.1.7 KONDENZÁCIÓ KÉRDÉSE

A TABS-sel történő hűtés egyik korlátja, hogy a felületeken a kondenzációt el kell kerülni. A kondenzáció veszélye viszonylag magas hűtési felületi hőmérséklet ($>19^{\circ}\text{C}$) esetén kizárható egy nagyon jól szigetelt épületben, vagy egy lehetőleg hővisszanyerővel ellátott szellőztető rendszer beépítésével.

Ha az épületben van szellőzőrendszer, akkor a kondenzáció elkerülhető a szellőzőlevegő bizonyos szintű páratlanításával, és a födém felületi hőmérsékletének a helyiség levegőjének harmatponti hőmérséklete felett tartásával minden üzemi körülmény között.

3.1.8 RENDSZERTÍPUSOK - HŐTERMELŐK

Összességében a TABS-sel még szélsőséges külső időjárási körülmények között is magas hőkomfort biztosítható. A TABS energiatakarékosan üzemeltethető, főként megújuló energiaforrások alkalmazásával - alacsony hőmérsékletű fűtés, magas hőmérsékletű hűtés.



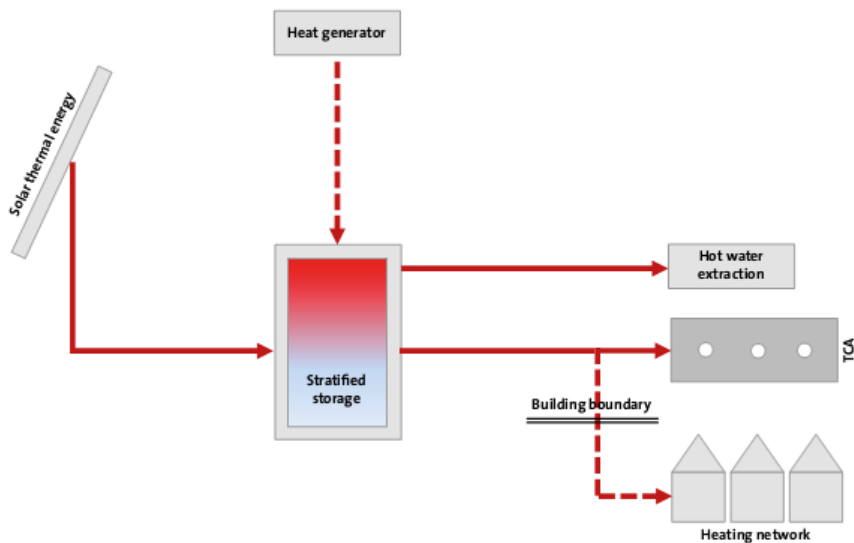
5. ábra. A megújuló energiaforrásokból származó TABS ellátási forrásai [2]

Amint azt korábban említettük, a TABS-ek fűtési üzemmódban alacsony, hűtési üzemmódban pedig magas hőmérsékleten működnek. Ez lehetővé teszi a megújuló energiával működő rendszerek felhasználását (5. ábra).

A napkollektorok termelhetnek hőt a TABS számára, azonban figyelembe kell venni az éghajlati viszonyokat (talán csak kiegészítő megoldás az átmeneti hónapokban - tavasszal, ősszel).

A hőszivattyúk megfelelő megoldást jelentenek a TABS számára, mivel fűtésre és hűtésre is biztosítanak energiát. A hőszivattyúk megújuló energiából (szél, fotovoltaikus energia) vagy a hálózatról származó zöld tarifával szolgáltatott villamos energiával működnek.

Példák a TABS-ellátás rendszer megoldására

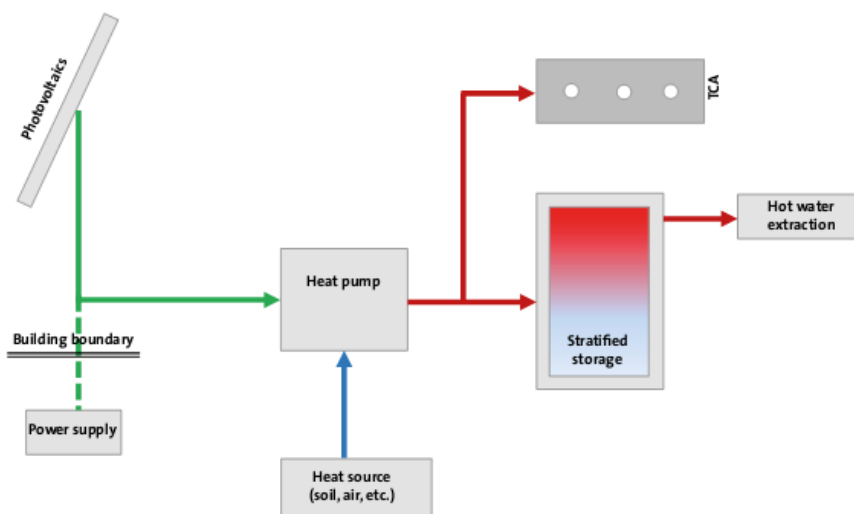


6. ábra. A rendszer ellátása napkollektorokkal és hőtermelővel [2]

A fűtési szezonban a hőt lehetőség szerint napkollektorokkal állítják elő, és az így nyert hőenergiát 100%-ban fűtési célokra használják fel. Előfordulhat, hogy az időjárási viszonyok miatt a napkollektorok nem tudják kielégíteni az igényt, ezért olyan hőtermelőre is szükség van, amely nem függ az időjárástól (biomassza kazán, hőszivattyú, távfűtés vagy hagyományosabb típusú megoldások). Nyáron a kollektorok túl sok energiát termelhetnek, mivel ebben az esetben csak használati melegvíz előállítására van szükség. Ebben az esetben lenne értelme, hogy lehetőség szerint a helyi fűtési hálózatot is ellássák (Magyarországon ez még nem lehetséges), vagy a közelben lévő fogyasztókat/egyéb épületeket lássák el, vagy a felesleges hővel medencefűtést lássanak el).

Előnyök: megújuló energia helyben történő felhasználása, magas lefedettség a költségek ellenére, egyszerű technológia, függetleníthető az energiaszolgáltatótól, alacsony CO₂-kibocsátás.

Hátrányok: a fedettségi arányt nagymértékben befolyásolja a meteorológia és a topológia, nyáron nem lehet hasznosítani az energia nyereséget, aktív vagy passzív hűtés nem lehetséges más rendszer nélkül (csak meleg energiát termel).



7. ábra: A rendszer ellátása hőszivattyúval és PV panelekkel [2]

Ebben az esetben a hőszivattyú számára a villamosenergiát lehetőség szerint a PV-panelek biztosítják a helyszínen. Télen a PV gyakran nem tudja fedezni a fűtésre és melegvíz-előállításra használt hőszivattyú teljes villamosenergia-szükségletét, ezért más hőforrásokra van szükség (5. ábra).

Másrészt nyáron a PV-panelek teljes egészében képesek ellátni a hőszivattyút, amely hűti a hűtőközeget és hűti az épületet.

Előnyök: A napenergia felhasználása a helyszínen történik, az energiaköltségek alacsonyak, a hűtés alacsony további beruházásokkal lehetséges, az épületet egyetlen energiaforrásból lehet ellátni.

Hátrányok: A rendszer teljesítményét nagyban befolyásolja a meteorológia és a topológia.

3.1.9 A ÉPÜLETSZERKEZET TEMPERÁLÁSI RENDSZEREK SZABÁLYOZÁSA

A TABS esetében az egyéni helyiségvezérlés nem ésszerű, de a zónavezérlés (déli, északi stb.) használata lehetőség lehet. (a zónázásnak figyelembe kell vennie a külső és belső hőterhelést).

A következő paraméterek zónánként eltérőek lehetnek:

- az előremenő víz hőmérséklet

- az átlagos víz hőmérséklet
- áramlási sebesség

Milyen paramétereket ellenőriznek a TABS megfelelő ellenőrzése érdekében?

- zónahőmérséklet
- a betonmag hőmérséklete

A zónák hőmérsékletét a vezérlőrendszerhez csatlakoztatott szobatermosztátok mérik [3].

A maghőmérsékletet az építési fázisban a betonba beépített érzékelő méri, és továbbítja az épületvezérlő rendszerbe (8. ábra).



8. ábra: Az építési fázisban telepített érzékelő [2]

A rendszer vezérlésének működése (rövid magyarázat a téli és a nyári időszakra)

Kérjük, vegye figyelembe az alábbi leírást úgy, hogy ez az ellenőrzési ciklus pl. egy napig tart. A beton szerkezetek lassan reagálnak, és amint az a korábban bemutatásra került, a cél a terhelések csúcsidején kívüli időszakokra való áthelyezése.

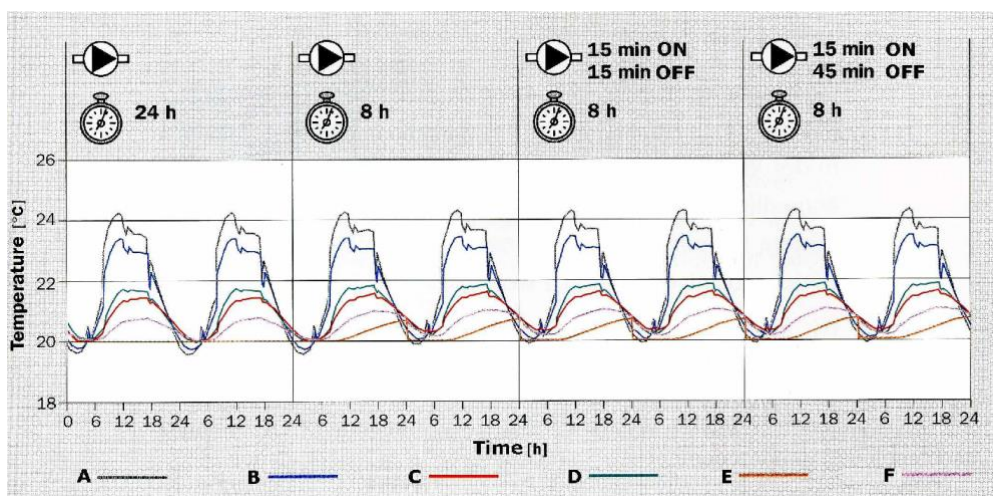
Télen, ha a helyiség hőmérséklete megközelíti a beállított hőmérsékleti sáv alsó határát, a termosztát jele alapján a keringető szivattyú működésbe lép, és a hőellátás az aktivált mennyezetre történik. Ha a maghőmérséklet télen meghaladja a felső határt, a hőellátás a keringető szivattyú kikapcsolásával megszakad. (25 °C és 26 °C közötti hőmérséklet). Ha a termosztát eléri a beállított alsó határt, a keringető szivattyú ismét bekapcsol.

Nyáron a szobatermosztát jele alapján a vezérlés bekapcsolja a keringető szivattyút, ha a helyiség hőmérséklete megközelíti a beállított felső határt (26°C).

A hűtést kényelmi okokból és a páralecsapódás megelőzése érdekében korlátozni kell. Ha a maghőmérséklet-érzékelő által regisztrált hőmérséklet egy beállított minimális érték alá csökken - 20°C tartományban -, a keringető szivattyú kikapcsol, így a hőelvonás megszűnik (és elkerülhető a lehetséges kondenzáció). Az előremenő víz hőmérsékletének alsó határértékét úgy kell beállítani, hogy az megegyezzen a harmatponti hőmérséklettel. Ha rendelkezésre áll olyan szellőztető rendszer, amely képes a levegő páramentesítésére, akkor a sugárzó hűtőrendszer teljesítménye növelhető.

Peak-shaving

Amint azt korábban említettük, a TABS egyik előnye, hogy a csúcsigények eltolhatók vagy lefaraghatók. A TABS intelligens működésével a csúcsáramigények csökkenthetők. A használat ideje alatt keletkező energiamentisítést az aktív szerkezeti elemekben felhalmozzák, és később, az éjszaka folyamán vízkeringető rendszerrel vagy szabad éjszakai hűtéssel kivonják. Ezért a részleges terhelések éjszakai időszakra való áthelyezésével jelentős csúcsidő-megtakarítás érhető el, és a hőforrás/elnyelő akár 60%-ra is csökkenthető (az alkalmazástól függően).



9. ábra: Tanulmány a keringetőszivattyú használatának hatásáról a TABS-ben (A - levegő, B - operatív, C - padló, D - mennyezet, E - átlagos földélmag, F - föld) [3]

A grafikonon egy Meierhans és Olesen által végzett tanulmány eredménye látható. Azt vizsgálták, hogy a keringető szivattyú működése hogyan befolyásol bizonyos hőmérsékleteket (földélmag, operatív stb.). Látható, hogy ha a szivattyút az éjszaka folyamán 8 órán keresztül időszakosan működtetik, akkor ugyanaz az üzemi hőmérséklet alakul ki, de az energiafogyasztás jelentősen eltér, mint a folyamatos működés esetén.

3.1.10 A TAB-OK HŐTERHELÉSÉNEK KISZÁMÍTÁSA

A jelenleg érvényes szabványok, amelyek hagyományos hőterhelés-számítási módszereket tartalmaznak, túlméretezést eredményeznek az alacsony energiafelhasználású és passzívházak esetében, amelyek a TABS számára szükséges és megfelelő épületek.

Ennek oka, hogy az alacsony energiafogyasztású vagy passzívházak erősen szigetelt épületek, ezért csak nagyon lassan reagálnak a szélsőséges külső klimatikus viszonyokra. Az ilyen épületek esetében nincs szükség a más jelenlegi szabványokban szereplő biztonsági tényezőre. A belső nyereségek hatását is elhanyagolják a szabványokban - de ez jelentős tényező például a passzívházak esetében.

Ezért az ilyen épületek esetében a hőterhelés kiszámításához javasolt a passzívház tervezési csomag (PHPP) használata.

Az ISO 11855 egy másik lehetőség a sugárzó rendszerek méretezésére. Konkrétan az ISO 11855-4 a TABS méretezésére vonatkozik. (ISO 11855-4:2012: Beépített sugárzó fűtő- és hűtőrendszerek tervezése, méretezése, telepítése és ellenőrzése. 4. rész: Termoaktív épületrendszerek (TABS) dinamikus fűtési és hűtési teljesítményének méretezése és számítása).

Ebben az anyagban a PHPP-módszert használjuk a TABS méretezésének bemutatására egy épületben.

Ha a hőterhelés-számítás eredményei rendelkezésre állnak, előzetes számítást lehet végezni arra vonatkozóan, hogy a hőre aktivált épületrész (padló, mennyezet) képes-e önmagában fedezni a hőterhelést. A TABS fűtött alapterületre leadott hőmennyisége, nem haladhatja meg a 25 W/m^2 értéket. Ez a 25 W/m^2 a következőkből adódik: ha a 4K hőmérsékletkülönbséget fenn kell tartani a TABS felülete és a helyiség között (az önszabályozó hatás érdekében); és $6,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ felületi hőátadási együtthatót figyelembe véve, akkor a maximális q hőteljesítmény nem lesz nagyobb $26 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ -nál.

Így a minimálisan szükséges effektív hőcserélő felületet úgy kell kiszámítani, hogy a figyelembe vett terület számított hőterhelését elosztjuk 25-tel.

$$A_{R,min} \approx \frac{\Phi_{HL}}{25}$$

3.1.11 A TAB-OK MÉRETEZÉSE [2]

Amint azt korábban említettük, lehetőség szerint a PHPP szerinti hőterhelés-számításokat célszerű elvégezni, mert:

- magasabb külső léghőmérsékletet állít be (az erősen hőszigetelt házak lassan reagálnak).
- figyelembe veszi az épületek belső terében lévő hőforrások hatását (a magas hőszigetelésű épületekben jelentős források).
- nem határoz meg hőhíd-korrekciós tényezőket (a passzívházak hőhídmentesek).
- az épületburkon keresztüli kis légcserével számol (a frisslevegő ellátás viszont a használatból származik)

/Megjegyzés: A PHPP csak megvásárolható, azonban a programmal való megismerkedéshez demó verzió is rendelkezésre áll, és oktatási célú felhasználás esetén alacsonyabb áron lehet hozzájutni a verzióhoz/

A hőterhelés-számítások lépései a következők:

- Gyűjtse össze az épület adatait: beépített terület, bruttó terület, kerület, burok felülete, magasságok (belmagasság, emeletek) stb.
- Az épületburok anyagainak összegyűjtése, a rétegrendek, az épületburkolat anyagainak U-értékeinek kiszámítása (külső elemek: külső fal, ablakok, ajtók stb.).
- Felületszámítás a külső határoló elemekre
- Az alapterületeket a külső méretekre számítják; egy helyiség falfelületének kiszámításakor a válaszfal vastagságának felét kell figyelembe venni.
- Az ajtókat és ablakokat tájolás szerint gyűjtik (dél, kelet, észak, nyugat stb.)
- Éghajlati adatok a PHPP hőterhelésének kiszámításához - a helyszínre vonatkozó szabványos külső hőmérséklet (az edu változat esetében korlátozott számú helyszínen áll rendelkezésre).
- A hőtranszmissziós vezetőképesség kiszámítása:

A levegőnek és a talajnak kitett épületrészeket külön kell megkülönböztetni/számítani.

L_e - A levegőnek kitett elemek hővezetési tényezője.

L_b - A talajnak kitett elemek hővezetési tényezője.

Hővezetési tényező [W/K] = Terület [m²] · U-érték [W/m² K]

A hőhidaknak a teljes hővezetési tényezőre gyakorolt hatásának csekélynek kell lennie olyan épületek esetében, ahol TABS-eket kell beépíteni. Nincs szükség hőhidkorrekcióra, mivel a nagymértékben hőszigetelt épületek gondos és részletes tervezése után a hőhidak közelében a hőveszteségek csökkennek. A falnyílások hővezetési tényezője nagyobb, mint a külső falé!

A transzmissziós hőveszteségek kiszámítása

Az alaplemezen keresztül:

$$\Phi_b = L_b \text{ talajnak kitett elemek - (beállított hőmérséklet - talajhőmérséklet)}$$

A levegőnek kitett elemeken keresztül:

$$\Phi_e = L_e \text{ levegőnek kitett elemek - (beállított hőmérséklet - külső hőmérséklet)}$$

Teljes transzmissziós hőveszteség:

$$\Phi_T = \Phi_b + \Phi_e$$

A szellőzési hőveszteség kiszámítása: A hővisszanyerés alkalmazása esetén a szükséges higiénikus szellőzésből eredő hőveszteségek fedezve vannak, de az infiltrációból eredő hőveszteségek 100%-ban jelen vannak.

Θ_i - a helyiség beállított hőmérséklete, Θ_e - a külső levegő hőmérséklete.

L_V - hőszellőzési vezetőképesség

$$L_V = 0.34 \cdot V \cdot [(n_L \cdot (1 - \eta_{WRG}) + n_x)]$$

ahol,

V - a helyiség térfogata, m^3 (alapterület · belmagasság)

n_L – légcseres szám (minimális friss levegő a higiéniahoz: 0,3 1/h)

η_{WRG} - hőellátás hatékonysága (pl. hővisszanyerő egység, az energiatanúsítványon feltüntetve).

n_x – az infiltrációs légcseres mértéke (0,12 1/h, ha $n_{50}=0,6$ 1/h blowerdoor vizsgálatnál).

Teljes hőveszteség: Szállítási hőveszteség és a szellőzési hőveszteség összege.

$$\Phi_I = \Phi_T + \Phi_V$$

Hőbevitel/hőnyereség számítások:

Φ_g - a teljes hőnyereség a következőkből áll:

Érezhető hőnyereség benttartózkodóktól: $1,9 \text{ W/m}^2$. Ez magában foglalja az ember általi és a világítás és az eszközök működése által okozott összes hőkibocsátást.

$$\Phi_i = 1,9 \cdot \text{lakott alapterület}$$

A napsugárzás okozta hőnyereség (az épületburok átlátszó részein keresztül):

$$\Phi_s = A_w \cdot g \cdot r \cdot I$$

A_w - Az ablakok és üvegezett ajtók területe (beleértve a keretet is)

g - az üveg – gyártás által megadott érték - napenergia hőnyereség együtthatója ("g-érték"); (az üvegen keresztül a belső térbe jutó napsugárzás hány százaléka válik hőteljesítménnyé az üvegen áthaladva).

r - Csökkentő tényező: az érték 0 és 1 között van, és csökkenti az üveg g-értékét. A csökkentés okai: árnyékoló hatások, az üveg szennyeződése a beépítéskor, a napsugárzás szögben éri az üveget stb.

I - A napsugárzás intenzitása

Teljes bemenő hőmennyiség :

$$\Phi_g = \Phi_i + \Phi_s$$

Teljes hőterhelés: (a hőveszteség és a hőbevitel különbsége)

$$\Phi_{HL} \text{ (hőterhelés)} = \Phi_l \text{ (hőveszteség)} - \Phi_g \text{ (hőbevitel)}$$

Hőteljesítmény:

$q = \Phi_{HL} / \text{lakótér területe}$

A hőteljesítménynek 25 W/m^2 alatt kell lennie ahhoz, hogy a TABS a tervezési feltételek mellett is biztosítani tudja a komfortérzetet.

3.1.12 A RENDSZER KIÉPÍTÉSÉNEK LÉPÉSEI

Az épületburkolat beton födémjének építési fázisa során a TABS csőrendszert a tervrajzok szerint fektetik a födémre.



10. ábra. A csőrendszer fektetése [2]

A TABS vezérlésére és felügyeletére használt központi érzékelőket is ebben a fázisban telepítik.



11. ábra. A maghőmérséklet-érzékelők felszerelése [2]

Az alkalmazott polimer csöveket (általában PEX - oxigéndiffúzióval védett) a cégtől függő prérsszerszámkészlettel kötik a fittingekhez, szerelvényekhez.

A csőrendszer telepítése után nyomáspróbát végeznek, hogy meggyőződjenek arról, hogy minden csőkötés megfelelő-e, és hogy a rendszerben nincsenek-e konstrukciós hibák, anyaghibák. Nyomott levegő használata esetén 2,5-3 bar próbanyomás ajánlott. Ha a vizsgálati közeg víz, akkor a nyomást 4 és 6 bar között kell növelni. A vizsgálat időtartama 12 óra.

Ha a rendszer átmege a nyomáspróbán, akkor lefedhető. A csőrendszerre és a magérzékelőkre beton kerül.



12. ábra. A csőrendszer és a magérzékelők betonozása [2]

Ezt követően az osztó-gyűjtők is beépítésre kerülnek, hogy a TABS csőregiszterek csatlakoztathatók legyenek az épület központi hőellátásához. Az hőtermelő lehet pl. hőszivattyú, napkollektorok + a korábban bemutatott hagyományos berendezések.



13. ábra. A kollektor és az elosztó szerelvények felszerelése [2]

Ezzel lezárul a TABS rendszer felépítése.

Irodalomjegyzék:

[1] John H. Lienhard IV and John H. Lienhard V: A Heat Transfer Handbook, 5th edition, Version 5.00, 17 August 2019, 784 pp, 26 MB, ahtt.mit.edu

[2] Frimbichler F., Handler S., Krec K., Kuster H.: Thermal component activation – Planning guide; Single family and terraced houses (BMVit, VOZ), 2016

[3] Babiak J., Olesen BW., Petras D: Low temperature heating, high temperature cooling, REHVA Guidebook No. 7. 2007

[4] George B. Arfken, David F. Griffing, Donald C. Kelly, Joseph Priest, chapter 23 - HEAT TRANSFER, Editor(s): George B. Arfken, David F. Griffing, Donald C. Kelly, Joseph Priest, International Edition University Physics, Academic Press, 1984, Pages 430-443, ISBN 9780120598588, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-059858-8.50028-5>.

A projektet az Európai Bizottság támogatta. A kiadványban megjelentek nem szükségszerűen tükrözik az Európai Bizottság nézeteit.

Az Európai Unió
Erasmus+ programjának
társfinanszírozásával



STU

SLOVAK UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN



ENERGIACLUB
CLIMATE POLICY INSTITUTE
APPLIED COMMUNICATIONS