

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK, TÉZISEK

0. Meglévő épületek energiatudatos felújítása legalább olyan fontos, mint energiatakarékos új épületek létesítése, mert még jó gazdasági környezet esetén is max 2%-os az évente létesített új épületek aránya és a meglévő épületállomány állapota még legalább ötven évig meghatározó szerepet tölt be.

A felújítás technikáit (hőszigetelés, ablak, szellőzés) komplexen kell vizsgálni és alkalmazni a számos keresztthatás miatt valamennyi lényeges szempont szerint (energetika, állagvédelem, komfort).

1. *Helyszíni mérések segítségével kimutattam, hogy az utólagos hőszigetelés nem csupán a szerkezet hővezetési tulajdonságait befolyásolja, hanem a hőátadási folyamatokra is hatással van. A mérésekkel igazoltam, hogy a sarkokban a hőátadási tényező alacsonyabb, mint síkfelületek esetén, mert ezen részek hűvösebb felületekkel vannak sugárzásos kapcsolatban.*

A mérések alapján meghatároztam azokat a hőátadási tényezőket, melyek iparosított technológiával létesített épületek sarkaiban megfelelő biztonsággal alkalmazhatók különböző tervezési célokra (állagvédelmi ellenőrzés, szezonális hőigény meghatározása, hőszükségletszámítás).

Ahhoz, hogy egy iparosított technológiával létesített szerkezet, - melynek átlagos hőátbocsátási tényezője $0,8 \frac{W}{m^2 K}$ -nál magasabb - 95 %-os biztonsággal (azaz 5 %-

os kockázati szinten) megfeleljen a követelményeknek, a páratechnikai számítások során a sarkokban $\alpha_i = 4,5 \frac{W}{m^2 K}$ hőátadási tényezőt kell figyelembe

venni. Az 5 %-os kockázati szint állagvédelmi méretezéskor elfogadhatónak tekinthető. Ezen értékek $t_e = -5$ °C külső hőmérsékletre vonatkoznak, amely az állagvédelmi ellenőrzés alapja.

Hőszükséglet számításánál a magasabb hőátadási tényező a kedvezőtlenebb, ezért azt az értéket kell figyelembe venni, melynél a hőátadási tényező kellő biztonsági szinten alacsonyabb. Ez az érték 5 %-os kockázati szinten $\alpha_i = 7,6 \frac{W}{m^2 K}$.

A szezonális hőigény meghatározásához $\alpha_i = 3,4 \frac{W}{m^2 K}$ értékkel kell számolni a külső hőmérsékletek gyakorisága alapján.

A mérések segítségével azt is kimutattam, hogy az utólagos hőszigetelés módosítja a hőátadási tényező értékét, azaz ha $k < 0,8 \frac{W}{m^2 K}$, akkor a fenti értékek

nem alkalmazhatóak. Ennek oka, hogy a megemelkedő felületi hőmérsékletek módosítják a sugárzási hőátbocsátási tényezőt. Ha $k < 0,8 \frac{W}{m^2 K}$, akkor a külső és

belső hőmérsékletkülönbség és a belső felületi hőmérséklet között nem mutatkozik kellő erősségű korreláció, mivel ekkor már a véletlen hatások dominálnak a felületi hőmérséklet alakulásában. Ugyanakkor, ha az átlagos hőátbocsátási tényező $0,5 \frac{W}{m^2 K}$ alatt van, a szerkezet hőellenállását a belső oldali

hőátbocsátási tényező nem befolyásolja számottevően, ezért annak pontos értékét nem szükséges ismerni.

2. *Az 1. pontban ismertetett mérési eredmények felhasználásával jellemző iparosított technológiával létesített szerkezetek esetére kiszámoltam a kritikus csomópontok belső felületi hőmérsékletét, és az állagkárosodás megelőzéséhez szükséges légcserre mértékét. Bemutattam, hogy $R = 2,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ (pl. $d = 8 \text{ cm}$, $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$) külső oldali hőszigetelés esetén az állagvédelmileg szükséges légcserre általában már alacsonyabb a biológiailag szükséges értéknél. Ezt a páratechnikailag legkritikusabb szerkezettypus vizsgálatával igazoltam.*

Ez az állítás akkor érvényes, ha a vizsgált lakásban a páraaképződés megfelel az MSz-04-140-2:1991 szabványban előírt tervezési értéknek. Természetesen az eljárással más nedvességterhelések esetén is meghatározható az a hővezetési ellenállás, mely mellett a légcserét nem szükséges a biológiailag meghatározott érték fölé emelni.

Mindez azt bizonyítja, hogy mivel az utólagos hőszigetelés alkalmazása miatt a határolószerkezetek belső felületi hőmérséklete megemelkedik, ezért a hőszigetelt épületekben alacsonyabb légcserre engedhető meg penészképződés veszélye nélkül. *Vagyis az utólagos hőszigetelés nemcsak a transzmissziós veszteségeket csökkenti, hanem mérsékli a szellőzési veszteségek csökkentését előidéző beavatkozások állagvédelmi kockázatát is, ezáltal közvetve csökkenti a szellőzési veszteségeket.*

3. *Helyszíni megfigyelésekkel alátámasztott számításokkal igazoltam, hogy a belső oldalon külön párafékező réteg nélkül alkalmazott kalcium-szilikát bázisú hőszigetelés kapilláris szivóhatásának köszönhetően iparosított technológiával létesített épületszerkezetek esetén már 2,5 cm szigetelésvastagság mellett kizárja a penészképződés kockázatát, ha a helyiség nedvességterhelése nem haladja meg az MSz-04-140-2:1991 szabványban adott tervezési értéket.*

- Ugyanakkor számításaim falazott szerkezetek esetére még az 5 cm-es gyártott legnagyobb szigetelésvastagság esetén is a technológia kockázatosságát jelezték, ezért helyszíni méréseket végeztem B30-as falazatú épületben. Az első fűtési idényt átfogó mérés eredményei és a szemrevételezés nem igazolták ezt a kockázatot.

4. A Budapesti I. számú Házgyár valamennyi generációjának típuscsomópontjait valamint egy tipizált blokkos tervcsalád csomópontjait kétdimenziós hőközlés-számító modellel elemeztem, és kifejlesztettem egy szoftvert, mely panelépületek geometriájának statisztikai adataira épül és gyors adatbevitelt tesz lehetővé.

A csomópontok hőtechnikai elemzése és a fejlesztett szoftver felhasználásával kimutattam, hogy az iparosított technológiával létesített lakóépületek hőhídvesztései nem hanyagolhatók el a falakra eső egydimenziós transzmissziós hővesztések mellett, gyakran meg is haladják, bizonyos esetekben többszörösen meghaladják azt. Kimutattam továbbá, hogy utólagos hőszigetelés esetén a hőhídvesztések részaránya a többi veszteségtényezőhöz viszonyítva a szigetelés vastagságának függvényében általában csökken, belső szigetelés esetén nő.

5. Az épületek lehűlő felület – fűtött épülettérfogat arányának csökkenésével a szellőzési veszteségek súlya az össz-hővesztésen belül nő. Ezzel összefüggésben nő a szellőzési veszteségek csökkentését célzó intézkedésének alkalmazásának hatékonysága is. Ezen intézkedések között döntéshozói szempontból különös súlytal bír a hővisszanyerős szellőzőrendszer kiépítésének kérdése, annak magas ára és bonyolult műszaki megvalósíthatósága miatt.

Tipikus, iparosított technológiára jellemző épületkonfigurációkat vizsgálva kimutattam, hogy energiahatékonysági szempontból kompaktabb épületek

($\sum A/V = 0,3/m$) esetén már $\Delta R = 1,1..2,2 \frac{m^2 K}{W}$ hővezetési ellenállás növekmény-

küszöb felett, közepesen tagolt épületek ($\sum A/V = 0,45/m$) esetén $\Delta R = 4,2 \frac{m^2 K}{W}$

felett, tagolt épületek ($\sum A/V > 0,6/m$) esetén pedig $\Delta R = 5,7 \frac{m^2 K}{W}$ feletta

transzmissziós veszteségek már számottevően nem csökkenthetők, ezért indokolt a hővisszanyerős szellőzés alkalmazása.

- 6.a A hőszigetelés vastagságának növekedésével a belső transzmissziós hőáramok szerepe egyre nő, ami a fűtési költségosztás megbízhatatlanságához vezet. A fogyasztásmérő által mutatott érték és a lakás tényleges hőfogyasztása egyre gyengébb kapcsolatban áll a $t_b - t_k$ hőmérséklet-különbséggel, és egyre dominánsabb szerep jut a belső és a véletlenszerű hőáramoknak.

Számításokkal igazoltam, hogy tipikus iparosított technológiával létesített épületek esetén $\Delta R = 1,7..2,3 \frac{m^2 K}{W}$ hőellenállás növekmény-küszöb felett a

költségosztók alkalmazása energetikai szempontból nem célszerű, legfeljebb pszichés módon fejt ki takarékoságra való ösztönző hatást.

- 6.b. *Bebizonyítottam, hogy a jól hőszigetelt épületekben ($\Delta R = 4,5..5,7 \frac{m^2 K}{W}$ hőellenállás növekedés felett) a szabályozhatatlan hőáramok (belső transzmissziós hőáramok, belső hőterhelések és a fűtési és HMV rendszer szabályozhatatlan hőleadó elemei) szerepe olyan nagy, hogy a fűtési rendszer fő tervezési kérdésévé a túlfűtés elkerülése válik.*

- 6.c. *Igazoltam, hogy az utólagos hőszigetelés a helyiségek időállandóját jelenősen ($\Delta R = 5,7 \frac{m^2 K}{W}$ hőellenállás növekedést okozó szigetelés akár kétszeresére is) növelheti, ami megkérdőjelezi a programozott fűtés alkalmazásának értelmét.*

6.d. *Bebizonyítottam, hogy az utólagos hőszigetelés okozta sugárzási hőmérséklet emelkedés révén realizálható másodlagos energiamegtakarítás iparosított technológiával létesített épületek esetén nem jelentős (0,5-2 % közötti). A jelenségnek ott van mértékadó hatása, ahol a külső felületek aránya meghatározó, például tagolt családi házaknál.*

Az állítás akkor igaz, ha a szoba közepére vonatkozó átlagos operatív hőmérséklet tartása a cél. Ha magasabb komfortszintet követelünk meg és az ablakok, külső falak közelében akarjuk a kívánt operatív hőmérsékletet biztosítani, akkor természetesen magasabb léghőmérsékletet kell tartani és a másodlagos megtakarítás is ennek megfelelően nagyobb lesz.

7. *Háromszázharmincegy iparosított technológiával létesített lakóépület hőfogyasztási adatait értékelve megállapítottam, hogy a magyarországi iparosított épületállomány jelenlegi primer fűtési energiafelhasználása (37,9 PJ) racionális intézkedésekkel mintegy 50-55 %-kal csökkenthető, vagyis az iparosított technológiával létesített épületek energiatudatos felújításában rejlő energiamegtakarítási potenciál 17,1-19 PJ. Egy országos méretű felújítási program az iparosított technológiával létesített épületek fűtéséből származó jelenlegi 2,73 millió t/év CO₂ kibocsátást 1,37 millió t/évvel csökkentené, ami a Kyoto-i egyezményben vállalt teljesítés 27,4 %-a.*