

Épületenergetikai diagnosztikai vizsgálatok



Épületenergetikai korszerűsítést megelőzően számos esetben célszerű diagnosztikai módszerekkel vizsgálni a meglévő épületek energetikai teljesítőképességét. Célunk ekkor a problémásabb, a felújítások tervezésénél nagyobb odafigyelést igénylő meglévő szerkezeti kialakítások feltárása, az épület beépített anyagának és a beépítés minőségének megismerése, a meglévő kiindulási állapotok rögzítése. A felújítások tervezése előtt végzett diagnosztikai vizsgálatokkal mind a tervezési fázis előtt, mind pedig a kivitelezés során jelentős összegeket takaríthatunk meg.

Bevezetés

Épületeink energetikai korszerűsítése esetén jelenleg általában az adott meglévő épületre készített energetikai tanúsítványból kiindulva határozzák meg a szakemberek a felújítás szükségesszerű rétegrendjeit, a szerkezeti kialakításokat. Az energetikai számítások során pedig az adott tanúsítósoftverek beépített anyagadatbázisaira (melyek akár ma már nem alkalmazható, visszavont szabványokból vett értékeket is tartalmazhatnak), illetve gyártói információkra támaszkodnak. Könnyen belátható azonban, hogy nagy valószínűséggel egy sok éve beépített építőanyag energetikai teljesítőképessége nem azonos az új anyagokéval, ezért a számítások, melyeket nem előzőleg meg diagnosztikai vizsgálatok, legfeljebb közelíthetnek a valós állapotokat. Persze már hazánk egyik első, épületenergetikával is foglalkozó építőipari zsebkönyvének szerzője is fontosnak tartotta megjegyezni a témában: „Szakvállalkozók szerint, aki mindent szabályszerűen számít, nem versenyképes.” [1]

Olyan projektek esetén, ahol kiemelt fontosságú az energetikai minőség, a meglévő állapotok megismerése vagy a kivitelezés után a munkák ellenőrzése, számos esetben alkalmaznak hazánkban is egyszerű diagnosztikai eszközöket, például hőkamerás vizsgálatokat. A hőfényképek szakszerű kiértékelése azonban nem minden esetben történik meg, és ezzel valójában a szakemberek még nagyobb hibát tudnak elkövetni, mint ha nem készült volna vizsgálat. Ilyen baklövés például a szükséges hőszigetelés-vastagság meghatározása hőfénykép alapján, amit számos

esetben hirdetnek szolgáltatásként a szakemberek, azonban a cikk elolvasása után megértjük, hogy miért is kerülendő. A további oldalakon elsősorban a leggyakrabban előforduló roncsolásmentes helyszíni diagnosztikai vizsgálatok korrekt elvégzésének bemutatásával foglalkozunk, azaz a hőkamerás felvételekkel, illetve a szerkezetek hőátbocsátási tényezőjének meghatározásával.

A hőátbocsátási tényező vizsgálata

Helyszíni épületfizikai és -energetikai vizsgálatok végzése során elsősorban az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezőjének vizsgálatára van szükségünk. Ezenfelül természetesen vizsgálhatjuk a szerkezetet alkotó rétegek hővezetési tényezőit is (pl. beszűrőtűs hővezetési tényezőt mérő műszerrel), azonban az egyes



anyagok tulajdonságait helyszíni műveletkezés után laboratóriumban pontosabban meg tudjuk határozni.

Egy épületszerkezet hőátbocsátási tényezőjét felületi hőmérsékletméréssel vagy felületi hőáramméréssel lehet meghatározni, melyek közül előbbi olcsóbb, utóbbi pedig pontosabb eljárás. Természetesen a hőmérsékletmérésen alapuló eljárás terjedt el inkább gyakorlatban [2]. Ennek lefolytatásához az építőipari diagnosztikai műszereket gépi és hálózati csatlakozatok kész műszersomagokká alakították, melyek megvásárlásával bárki egy csupán épületfizikus szakemberrel érheti magát.

lehet felületi hőmérsékletét, és használható, konkrét eredményeket mérnek. Természetesen a szondák pontossága is befolyásolhatja a vizsgálati eredményeinket.

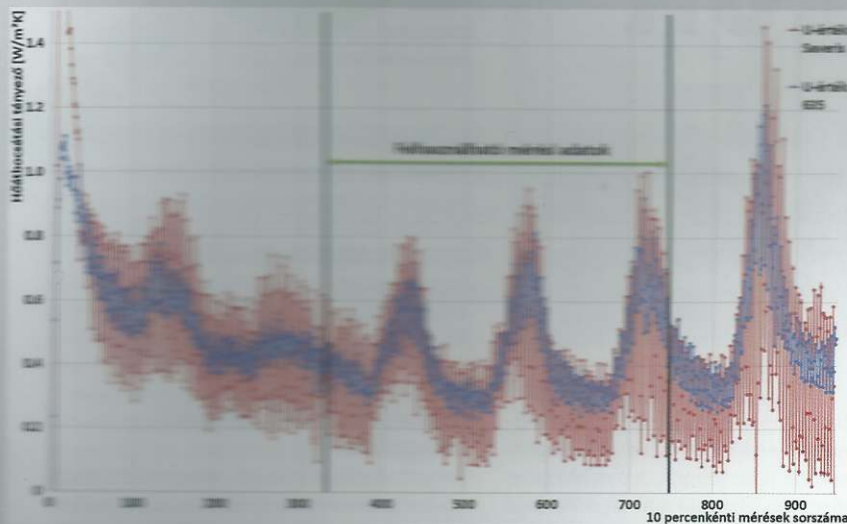
A szondák beállása után a mérést legalább két-három napig szükséges folytatnunk, öt-tíz percen mérési gyakorisággal. A mért értékeket a mérés során figyelemmel kell kísérnünk, és figyelmeztünk azok alkalmazásáról. Az 1. ábrán szemléltetett mérés során két különböző műszerrel végzett vizsgálat esetén az első időszak a szondák beállása, a második, jelölt időszak pedig a felhasználható mérési eredményeket tartalmazza. Az ez utáni mérési eredmények je-

hőátbocsátási tényezőjét, mivel egyáltalán nem mindegy, hogy a felvétel mikor készül, és milyen külső- és belső légállapotok esetén: ha a szakember reggel vagy este készíti el a felvételt, akár többszörös különbség is adódhat az abból számított értékekben. Jelenleg kereskedelmi forgalomban kaphatóak olyan hőkamerák, amelyek képesek sorozatfelvételek vagy teljesen radiometrikus felvételek (hővideók) készítésére. A legalább két-három napig megfelelő időközönként és beállított pozícióban végzett hőkamerás felvételek alapján lehetséges a hőátbocsátási tényező meghatározása, az erre alkalmas funkciókkal rendelkező kamerák azonban jelenleg rendkívül barátságtalan árcédulával rendelkeznek (legalább két-három millió forinttól indulnak, határ a csillagos ég).

Tartózkodjunk tehát a pillanatfelvételeken alapuló számításoktól, és alkalmazzuk a hőkamerás vizsgálatokat minden esetben arra, amire alkalmasak. Ráadásul a feldolgozatlan hőképek, melyeken nincsenek pontosan beállítva a felvételt korrigáló paraméterek, szintén műszakilag félrevezetőek lehetnek. A hőfényképek feldolgozása során a felületek emissziós tényezőinek (avagy magyarszában félgömb sugárzási együtthatóinak) beállítása, a léghőmérséklet, valamint a felülettől mért távolság beállítása, továbbá a felületre ható sugárzási hőmérséklet megadása minden esetben elengedhetetlen a korrekt termográfias vizsgálatok során. Ahhoz tehát, hogy korrekt hőfényképet készítsünk, egyáltalán nem elég egy hőkamera, további műszerek is szükségesek.

A vizsgált felületek emissziós tényezőit a kamerák adatbázisából is be lehet állítani, sokszor azonban ez nem ad megfelelő eredményt. Az előzőekben ismertetett korrekcióhoz szükséges minimum négy paraméter (emissziós tényező, léghőmérséklet, távolság, sugárzási hőmérséklet) közül a léghőmérséklet és a távolság közvetlenül is meghatározható léghőmérséklet-mérő műszerrel, valamint például lézeres távmérővel. Ezek az értékek az úgynevezett atmoszférakorrekció miatt szükségesek, a kamera és a vizsgált felület között lévő légréteg hatásának korrekcióját végezzük el velük.

A sugárzási hőmérséklet beállításával azt küszöböljük ki, hogy egy felület mérése során annak reflektált (visszavert) környezetét mérjük. Ez elsősorban reflektív anyagok, például fémek vagy üvegek vizsgálatakor rendkívül fontos, mely anyagok hőkamerás vizsgálata rendkívüli odafigyelést igényel. A sugárzási hőmérsékletet legkönnyebben egy egyszerű trükkkel tudjuk kimérni a helyszínen: veszünk



1. ábra: Hőátbocsátási tényező mérése könnyűszerkezetes épületen két műszerrel

A felületi hőmérsékleten alapuló mérések a szerkezetek belső, védett oldalán célszerű lefolytatni. A belső felületi hőmérsékleten mérés alapja tehát az épületszerkezetek belső felületén elhelyezett felületi hőmérsékletmérő szondák, továbbá a belső és külső tér hőmérsékletének szinkronizált regisztrálása (a műszerek ezenfelül még a relatív légnedves-ség-tartalmakat is rögzíteni szokták). Mind a felületi, mind pedig a léghőmérséklet-mérők esetén el kell kerülnünk, hogy közvetlen sugárzásnak (pl. napsugárzás vagy a fűtőtestek által kibocsátott hősugárzás), valamint az időjárás viszontagságainak (pl. szél, csapadék) legyenek kitéve. A vizsgálatok során, amennyiben lehetséges, célszerű az északra tájolt szerkezeteken lefolytatni a méréseket.

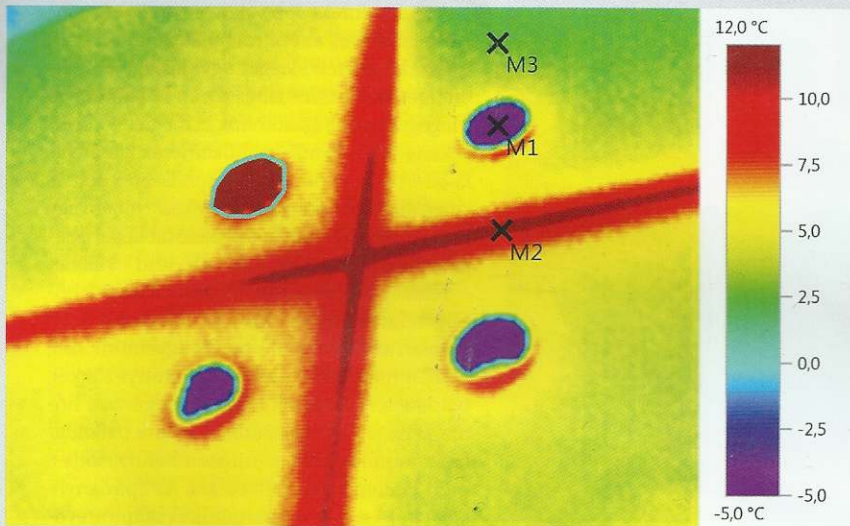
A felületi hőmérsékletmérésen alapuló hőátbocsátási tényező meghatározása több napot igénybe vevő folyamat, az adatokat az időjárásról függően legalább három-négy napon keresztül szükséges rögzítenünk a helyszínen (lásd 1. ábra). Az ábrán továbbá megfigyelhetjük, hogy a hőmérsékletmérő szondáknak a helyszínen történő elhelyezése után az adott szerkezettől, valamint az időjárásról függően akár egy-két napra is szükségük lehet, míg felveszik az épületszer-

kezet, ezt egy esős nap okozta, melynek a mérési eredményeit nem használjuk. Az ábrán látható tehát, hogy egy öt és fél napos mérési periódusból három nap mérési eredményeit használhattuk fel. Ha megnézzük a mért hőátbocsátási tényezőket az ábrán látható könnyűszerkezetes épület esetén, láthatjuk, hogy azok műszertől függően 0,1 W/m²K és 1 W/m²K értéket is felvettek, azaz a mérés során a pillanati mérési eredmények között akár tízszeres eltérés is lehet. Azaz pillanatnyi és legfőképp pár mérési adatból hőátbocsátási tényezőt meghatározni nem szabad!

Hőkamerás vizsgálatok

Az előbbiek ismeretében könnyen belátható, hogy egyetlen hőkamerás felvétel alapján sem mondhatjuk meg egy épületszerkezet

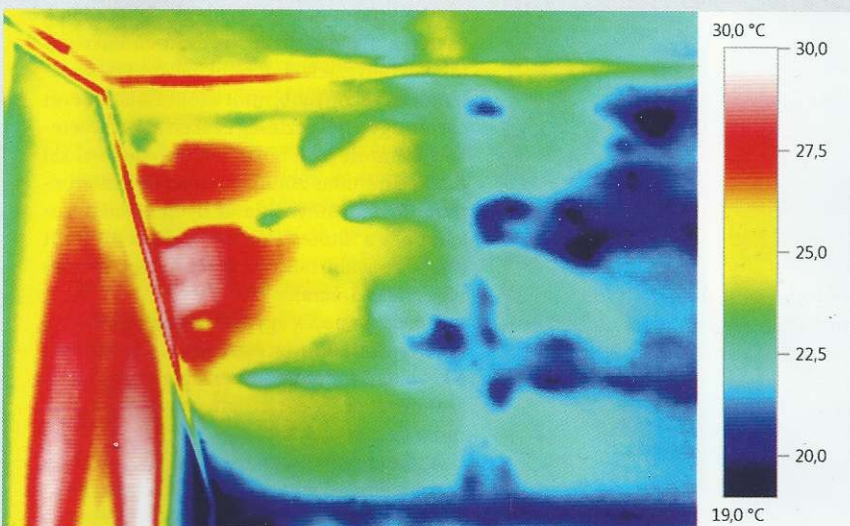
A mérés során a pillanati mérési eredmények között akár tízszeres eltérés is lehet, azaz pillanatnyi és legfőképp pár mérési adatból hőátbocsátási tényezőt meghatározni nem szabad!



2. ábra: Hőfénykép korrekciója pontmégfogású üvegszerkezet esetén



3. ábra: Lábazat és hőszigetelt homlokzati fal dübelezési, szigetelési és csatlakozási hiányosságai hőfényképen



4. ábra: Magastető szigetelésintegritásának vizsgálata hőkamerával

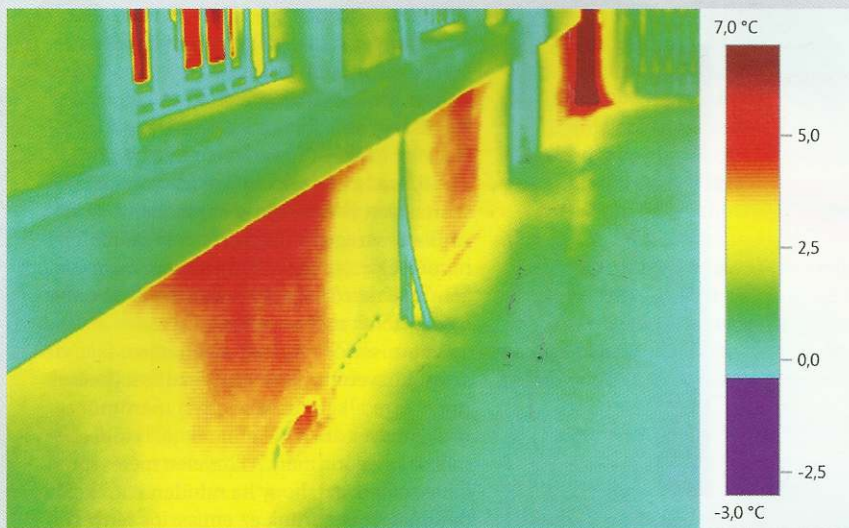
egy tekercs közönséges alufóliát. Az alufóliának ugyanis magas a reflexiós tényezője, a ráérkező környezeti sugárzás 95–96%-át visszaveri (azaz emissziós tényezője 0,04–0,05 körüli). Ha összegyűjtjük (majd széthajtogatjuk) a fóliát, akkor a fólia diffúz visszaverőként fog viselkedni, azaz a környezetből ráérkező sugárzást szórtan veri vissza. Ha a hőkameránkkal rámérünk az összegyűrt alufóliára, nem az alufólia hőmérsékletét fogjuk látni, hanem a környezetről ráérkező sugárzási hőmérsékletet, melyet így tehát megismerünk.

Az emissziós tényező meghatározását viszont közvetetten kell elvégeznünk (hacsak nincs erre alkalmas közvetlen mérőműszerünk, melyek ára a hőkameránál is több, tízmilliósi kategória már). A közvetett mérés során kihasználjuk azt, hogy ha minden korrekciós paramétert ismerünk az emissziós tényezőkön kívül, valamint mérünk a vizsgálandó felületen felületi hőmérsékletmérővel (pl. gyorsbeállású tapintós hőmérsékletmérővel) pontokban felületi hőmérsékletet, akkor a hőkamerás felvételen a kijelölt mérési pontok esetén az emissziós tényezőt olyan értékre kell beállítanunk, amivel ugyanazokat a felületi hőmérsékleti értékeket kapjuk, mint a pontbeli mérések esetén.

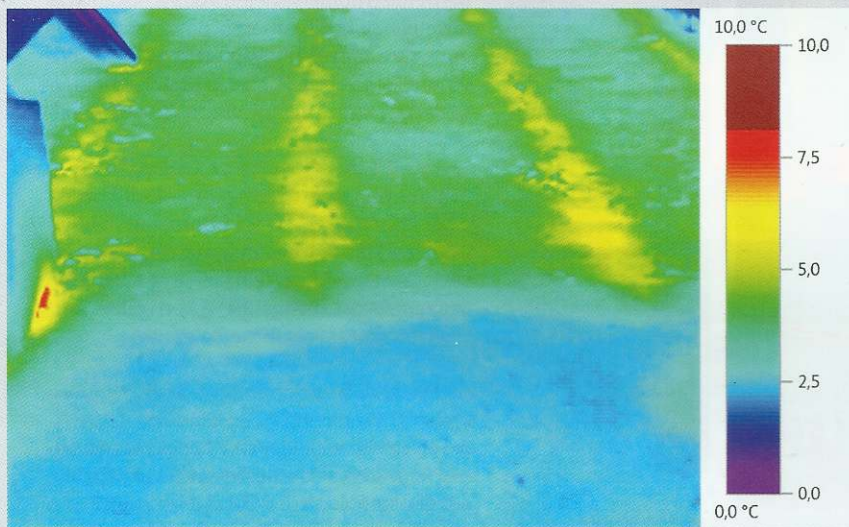
Ezt a folyamatot mutatja a 2. ábra, melyen egy pontmégfogású üveghomlokzat korrekciója látható. Az M1-M3 pontokban felületi hőmérsékletmérővel megmértük a hőmérsékleteket, majd ezt felhasználva a bal felső acélmégfogást korrigáltuk. A korrigált és korrigálatlan mégfogások esetén rendkívül szembetűnő a különbség, mivel a korrigálatlan képek -5 °C -os felületi hőmérsékletek valójában a korrekció után $+12\text{ °C}$ -ra adódnak. A korrekció elvégzése nélküli hőfényképek csupán színes képeknek tekinthetőek, műszakilag nem elfogadhatóak.

Meg kell jegyeznünk azt is, hogy az előbbiekben bemutatott és szemléltetett korrekciók mind irányfüggőek, azaz a kamera felülethez viszonyított irányának változtatásakor a kalibrációt is újra el kellene végeznünk, továbbá mivel a hőmérsékletviszonyok is természetesen folyamatosan változnak (külterén jelentősen, de még parancsolt hőmérsékletű beltérben is megfigyelhető a hőmérséklet-ingadozás hatása), így annak folyamatos rögzítésére és korrekciójára van szükség. A korrekciók elvégzése pedig különösen fontos olyan esetben, amikor a vizsgált hőképen például egyszerre többféle emissziós tényezővel bíró felület is található (lásd a 2. ábrát, pl. acél, tüveg, dilatációs szalag), melyek esetén a reflexiós hatásokat is figyelembe kell vennünk mind a mérés folyamán, mind pedig az utólagos feldolgozás és korrekciók során.

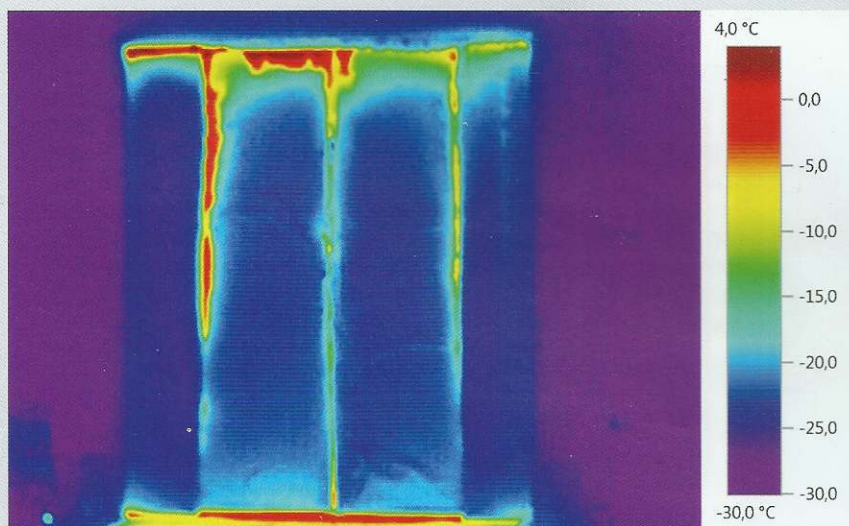
Az olvasó bizonyára felteszi magában a kérdést, hogy ha ennyi macerával jár egy korrekt hőfénykép elkészítése, ráadásul épületenergetikai teljesítmény meghatározására is csak korlátozottan alkalmasak ezek a műszerek, akkor mégis mire valók igazán...



5. ábra: Falkazetták hőszigetelésének szükségessége látható a hőfényképen



6. ábra: Födémcsere azonosítható a hőfényképen



7. ábra: Hűtőház hőszigetelt nyílászárójának hőfényképe

A legkézenfekvőbb válasz egybecseng a folyóirat címével, az építési hibák feltárásával, a műszaki megfelelőséget ugyanis egy épület-energetikai korszerűsítés során hőkamerával a legegyszerűbb igazolnunk. A megfelelően érzékeny (pl. a 30 mK-es) hőkamerák a már vakolattal ellátott hőszigetelő rendszerek alatt is „meglátják” a műanyag dübeleket, a hibás vagy pontatlanul illesztett hőszigetelő táblákat, a befalazott kivezető nyílásokat stb., lásd a 3. ábrát.

A hőfényképek „látják” a roskadt, elavult hőszigetelést a magastetők szarufái között (lásd 4. ábra), azonban beltérben is ügyelnünk kell, hogy a méréseket befolyásoló tényezőkkel, például a radiátorok felületre sugárzott hőmérsékletével vigyázzunk. A 4. ábra bal oldalán a radiátor hője jelentősen befolyásolja a mért felületi hőmérsékleteket. Az építőanyagok eltérő nedvességtartalma is számottevően befolyásolja képüket a hőfelvételek esetén (mivel a nedves anyagok hővezetési tényezője nagyobb, mint a száraz anyagoké) [3].

Az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezője időben folyamatosan változik, ezért pillanatfelvételek alapján nem meghatározható, annak vizsgálatát többnapos méréssorozattal határozhatjuk meg.

A hőkamerás felvételek alkalmasak a szigetelés előtt álló épületszerkezetek vizsgálatára is. Például segítségükkel felderíthetők a hőszigetelendő felületek vagy az eltérő szerkezetek, melyek szemrevételezéssel nem minden esetben tűnnének fel. Például régi épületek esetén a nyílászárókat sok esetben falkazettákban helyezték el, melyek falvastagsága jelentősen vékonyabb, mint a többi falszerkezet esetén, így a hővesztés ezeken a szerkezeteken számottevő, a hőkamerás vizsgálatokkal pedig a hőhidak zónák könnyen felismerhetők. Tovább súlyosítja az ilyen kialakításokat, hogy a fűtőtesteket is általában itt, tehát a legvékonyabb falszerkezetek mellett helyezték el (lásd 5. ábra).

A 6. ábrán pedig egy födémcsere látható, a hőfelvételen könnyen észrevehetően elkülönül a két eltérő födémrendszer, amely azonban a szemrevételezés során a megegyező burkolat miatt nem volt látható.

A tömör épületszerkezetek mellett a hőkamera segítségével a nyílászárók is vizsgálhatóak, melyeknek elsősorban a tömítettség állapítható meg. A nem megfelelően tömített nyílászárók esetén a belső térből ki- vagy be-

áramló meleg levegő felmelegíti a rések, nyílások környezetét, lásd 7. és 8. ábra. Előbbi egy hűtőház hőszigetelt ajtaját mutatja, melyen a tökéletlen záródás miatt jegesedés található (ezek a melegnek látszó felületek a kép felső részén). A 8. ábra pedig egy családi ház sarki ablakszerkezetét mutatja. A kép érdekessége továbbá, hogy a sarki felvételen a jobb oldal napsugárzásnak kitett, míg a bal oldal eltérő tájolása révén árnyékos, ezért előbbi felület a ráeső sugárzás miatt gyorsan átmelegedett. A hőfényképeken a felületi hőmérsékletek láthatóak, emiatt pedig a napsugárzásnak kitett felületek hőfelvételei nem alkalmas a műszaki megoldások korrekt energetikai vizsgálatára. Továbbá látható, hogy az árnyékos oldalon az üvegezésben a környező fák ágainak hőmérséklete tükröződik, melyekre szintén oda kell figyelniük.

Az épületszerkezeti vizsgálatok mellett természetesen a gépészeti rendszerek beazonosítása során is alkalmazhatjuk a hőkamerát, például a fűtés előremenő, illetve visszatérő csöveinek azonosítására (lásd 9. ábra) vagy a padlófűtés vezetékezésének vizsgálatakor (10. ábra).

Összegzés

Jelen cikkben az épületek felújítását megelőző, illetve követő helyszíni épületenergetikai diagnosztikai vizsgálatok közül a leginkább gyakorlatban alkalmazott hőátbocsátási tényezőmérést, a hőkamerás vizsgálatok szakszerű elvégzését, valamint lehetőségeit tárgyaltuk.

Láthattuk, hogy az épületszerkezetek hőátbocsátási tényezője időben folyamatosan változik, ezért pillanatfelvételek alapján nem meghatározható, annak vizsgálatát többnapos mérésorozattal határozhatjuk meg. A hőfényképek készítése során a felvételeket minden esetben fel kell dolgozni, korrigálni kell, valamint tisztában kell lenniük a hőkamera alkalmazásának korlátaival és lehetőségeivel is. ■

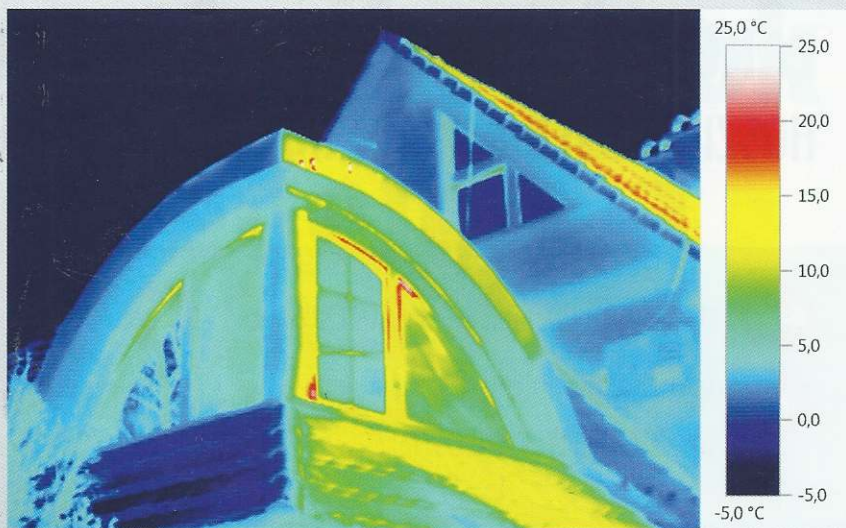
FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Möller Károly: *Építési zsebkönyv I. kötet*, Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest, 1934. 301–350. oldal
- [2] Nagy Balázs: *Építőanyagok vizsgálata dinamikus épületfizikai hő- és páratechnikai számításokhoz*, Műszaki Ellenőr, 2015. IV. évf. decemberi szám, 36–39. oldal
- [3] Tóth Elek: *A hővezetési tényezők korrekciójának elmélete és gyakorlata*, Magyar Építőipar, 2014. II. évf. 5. szám, 238–244. oldal

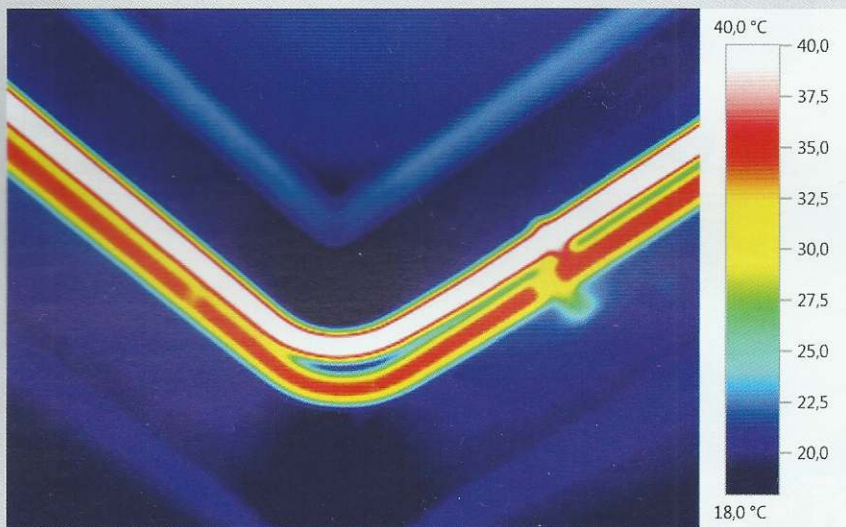


Nagy Balázs

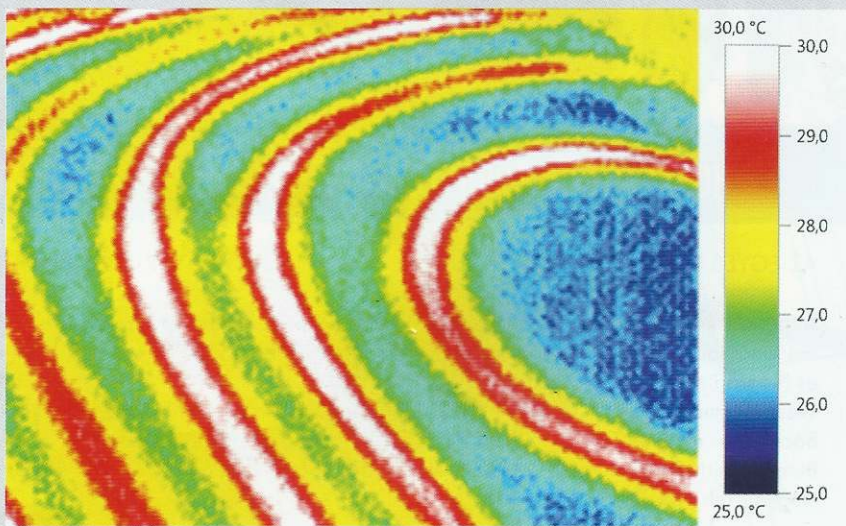
szerkezet-építőmérnök
MSc, épületenergetikai
szakmérnök, doktorandusz,
BME Építőanyagok és
Magasépítés Tanszék



8. ábra: Családi ház eltérő tájolású sarki ablakszerkezetének hőfényképe



9. ábra: Fűtésrendszer előremenő és visszatérő csöveinek azonosítása



10. ábra: Fűtővezetékek helyzetének meghatározása