■ **írta:** Rahne Eric
Épületszerkezeti és épületgépészeti termográfia V.

Termográfia

Vízzel és vízgőzzel kapcsolatos épületkárok felfedezése

Az épületekben nemcsak a hőhidak és nem kívánt levegőáramlások okozta hőmérséklet-eltérések jelentenek gondot önmagukban, hanem az ezekkel összefüggésben fellépő vízgőzszállítások, páralecsapódások következményeként fellépő penészesedések vagy akár szerkezeti átnedvesedések.

Tény, hogy egy lakóépületben az életvitelszerű használat során folyamatosan keletkezik pára, vízgőz. Ebben szerepet játszik a légzésünk, személyenként és óránként nyugalomban 20-70 gramm, fizikai terhelés esetén akár 200-300 gramm vízpárát jelent. A főzés, a mosás és a fürdés/zuhanyzás óránként akár 800-2000 gramm vízpárát eredményezhet. Ne feledkezzünk el a háziállatokról, szobanövényekről sem, mivel méretüktől függően egyedenként és óránként 5-30 gramm vízpárát termelhetnek. Ez a vízgőz, pára az épületen belüli levegőbe jut, melynek páratartalma így szellőzés vagy egyéb páracsökkenő folyamat hiányában folyamatosan növekszik.

A levegő azonban vízgőzt, párát csak korlátozott mértékben tud felvenni, illetve magában tartani. Ez a képesség a levegő hőmérsékletétől függ. Mivel a levegő és a vízgőz is saját tömeggel rendelkezik, a légköri nyomás, a levegőnyomás és az ún. páranyomás összegéből alakul ki. A páranyomás akkor a legnagyobb, amikor a levegő vízgőzzel telítődik, tehát az adott hőmérsékleten a már benne lévőn túl nem tud több vízgőzt felvenni. Harmatpontnak azt a hőmérsékletet nevezzük, amelyre állandó nyomás mellett lehűtve a levegő telítetté válik. A gyakorlatban ez tehát az a hőmérséklet, mely alatt a levegőben lévő pára kondenzál és kondenzvízként lecsapódik az ezzel azonos hőmérsékletű felületeken. Ez

I. táblázat

páradiffúzió

néhány építőanyag páradiffúzióval kapcsolatos tulajdonságai

	FÉMEK	ÜVEG	PÁRAFÉKEZŐ FÓLIA	VASBETON	KIS MÉRETŰ TÉGLA	HABOSÍTOTT POLISZTIROL	KŐZET-GYAPOT
δ páradiffúziós tényező [g/(m•s•MPa)]	0	0	0,00004	0,008	0,028	0,002	0,120
Rp páradiffúziós ellenállás (10 cm rétegre) [m²•s•Pa/kg]	végtelen	végtelen	2500	12,5	3,6	10–20	0,8
***μ* páradiffúziós ellenállás viszonyszám**	végtelen	végtelen	5000	25	7,2	20–40	1,6

pára

az életvitelszerű pára, valamint annak páradiffúziós és hibahelyen keresztül történő szállítása

1

a párakicsapódás természetesen egy fal vagy hőszigetelő anyag belsejében is megtörténhet, hiszen egyrészt a legtöbb építőanyag valamilyen mértékű levegő, illetve páraáteresztő, páradiffúziós képességgel bír, másrészt a külső és belső hőmérséklet gradiense pont a falban lépheti át a harmatponthoz tartozó hőmérsékletet. A legtöbb páralecsapódás, illetve páradiffúziós probléma és épületkár ezzel az összefüggéssel magyarázható.

Minél nagyobb a páranyomások különbsége és minél kisebb az anyag páradiffúziós ellenállása, annál intenzívebb vízgőzszállítás megy végbe a kisebb páranyomású tér felé. Az anyagok δ páradiffúziós tényezője vagy a belőle készült réteg RP páradiffúziós ellenállása hasonló a hővezetési ellenálláshoz, anyagspecifikus adatként kezelhető. Létezik még egy μ páradiffúziós ellenállási viszonyszám is, mely a levegő páradiffúziós ellenálláshoz viszonyított módon adja meg a mindenkori anyag relatív páradiffúziós képességét. Ebben az esetben ez egy mértékegység nélküli arányszám (1. táblázat).

Általában a minél kisebb pórusszerkezetű, többnyire a minél nagyobb sűrűségű anyagok rendelkeznek a legnagyobb páradiffúziós ellenállással. Egyéb szempontból hasonló anyagok esetében a zárt pórusú anyagok a nagyobb ellenállásúak a nyílt pórusúakkal szemben.

Ha már anyagjellemzőket tárgyalunk, akkor vizsgáljunk meg még egy másik, kapillaritásnak, illetve hajszálcsövességnek, vagy nem tudományosan szivacshatásnak is nevezett, építészetileg fontos jelenséget is. A legtöbb építési anyag számottevő kapillaritással rendelkezik, mely gyakorlatilag az anyag vízfelszívó képességét jellemzi. E tulajdonságban szerepet játszik az anyag porozitása, a víz kohéziós erőhatása vagy felületi feszültsége és a vízmolekulákat egymáshoz vonzó adhéziós erőhatások. Megfelelő kis pórusokat feltételezve ezek az erők nagyobbak lehetnek a gravitációs erőnél, így a víz a kapilláris hatásnak köszönhetően felfelé is „szivároghat" az anyagokban.

Általánosan elmondható, hogy az anyag porozitásával és a pórusok finomságával nő a kapilláris hatás. Az anyag minél nagyobb sűrűsége és pórusmentessége pedig csökkenti a kapillaritást. Ennek megfelelően például átlagosan 1 μm pórusokkal rendelkező betonba akár 15 m magasságig is felkúszhat a kapilláris víz, jól kiégetett, átlagosan 0,1 μm pórusú kis méretű téglákba viszont csak 1,5 m magasságig.

Víz és vízgőz által keletkező épületkárok

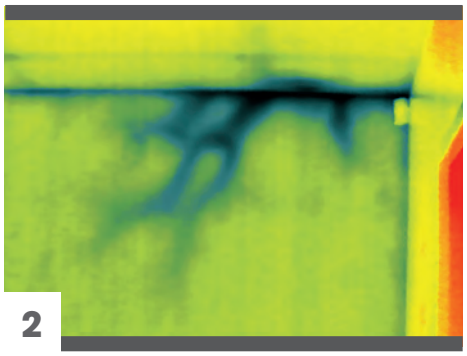
Az épület tervezési, kivitelezési, anyagöregedési, valamint épületüzemeltetési hibáinak sokfélesége közül leggyakoribbak a vízzel kapcsolatos károk. A következők lehetnek ezek okozói:

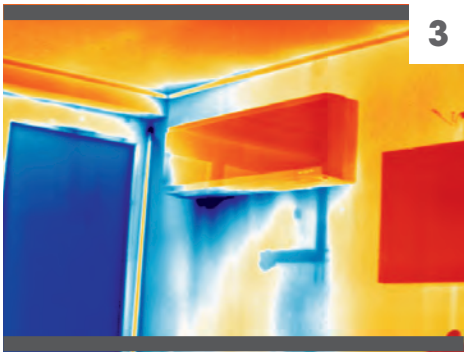
- a víz kapilláris hatása miatti vízfelszívódás,
- harmatpont alá lehűlő, kiáramló belső levegő miatti kondenzvízzel való átnedvesedés,
- külső környezeti vízhatások, beázások, elöntések bekövetkezése,
- épületgépészeti meghibásodások, szivárgások, csőtörések előfordulása,
- nem megfelelő épületüzemeltetés, helytelen fűtés, szellőzés, bútorozás, erős páratermelés.

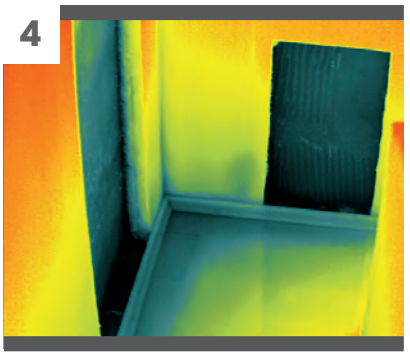
A keletkező károk pedig sokfélék és többnyire igen súlyosak:

- csökkenő hőszigetelő-képesség,
- csökkenő szilárdság (például gipszkarton, gázbeton),

■ Termográfia – vízzel és vízgőzzel kapcsolatos épületkárok felfedezése


2


3

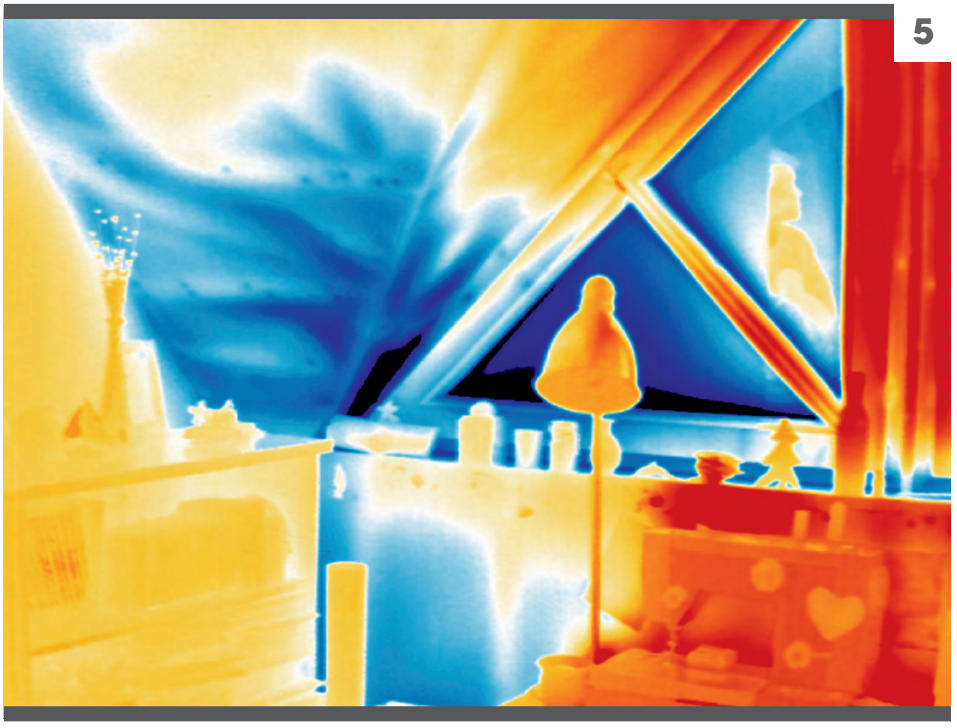

4

2. kép
Gipszkarton burkolat hátulján keletkezett páralecsapódás (a gipszkarton látható felületén még nincs vizuális jele a nedvességnek).

3. kép
Klímakészülék miatt keletkezett páralecsapódás (falnedvesedés folyamatos nyári használat miatt, télre sem szárad még ki).

4. kép
Belső hőszigetelés (habosított polisztirol), mögötte kihűlt nedves falfelület. Páralecsapódás a belső burkolaton.

5. kép
Hőszigetelés-hiányosság miatt bekövetkező páralecsapódás a belső burkolaton.


5

páralecsapódás

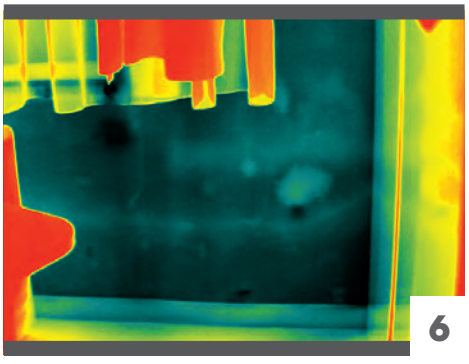
termográfiai példafelvételek páralecsapódásra

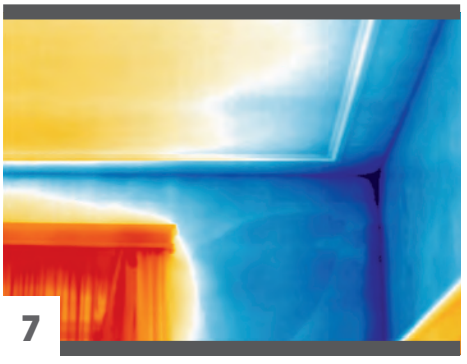
- korrózió (például vasbetonban),
- fagykárok (nedves építőanyagok szétfagyása),
- sók kihordása a felületre (kivirágzás, salétrom),
- faszerkezetek rothadása,
- páralecsapódás, penészesedés.

A fenti problémák szinte mindegyike vagy a hőszigetelési képességek megváltozása, vagy a víz jelenléte esetében fellépő párolgási hőelvonás miatt valamilyen hőhatással jár. Megfelelő termikus felbontású hőkamerát feltételezve ezek a hibák termográfiai eszközökkel lokalizálhatók és azonosíthatók.

■ Páralecsapódás, penészesedés kimutatása termográfiával

Lakóépületek egyik gyakori hibajelensége a páralecsapódás és a legtöbb esetben az ezzel együtt járó penészesedés. A páralecsapódás fizikai okait az előzőekben tisztáztuk, itt már csak arra térünk ki, hogy milyen épületszer-


6


7

6. kép
Vasbetonnal pótolt nedvesedő falrész.

7. kép
Túl vékony, teljesen hőszigeteletlen fal.

penészedés

termográfiai példafelvételek penészesedéssel járó páralecsapódásra

kezeti, hőszigetelési vagy éppen épületüzemeltetési okai lehetnek a páralecsapódásnak és a penészesedésnek.

A páralecsapódás lehetséges okai:

- geometriai hőhíd (elsősorban a szoba sarkain vehető észre),
- hiányos hőszigetelés (áthidalók, födém, betonkoszorú),
- légtömörségi hibák (hőszigetelésben keletkező kondenzvíz),
- az épület rossz üzemeltetése (nem elegendő fűtés vagy szellőztetés), nem tervezett páraképző technológiák
- üzemeltetése (üzemek esetében).

A felületeken lecsapódó párán penészgomba akkor telepedhet meg, ha a következőben felsorolt feltételek legalább 3-7 napig fennállnak:

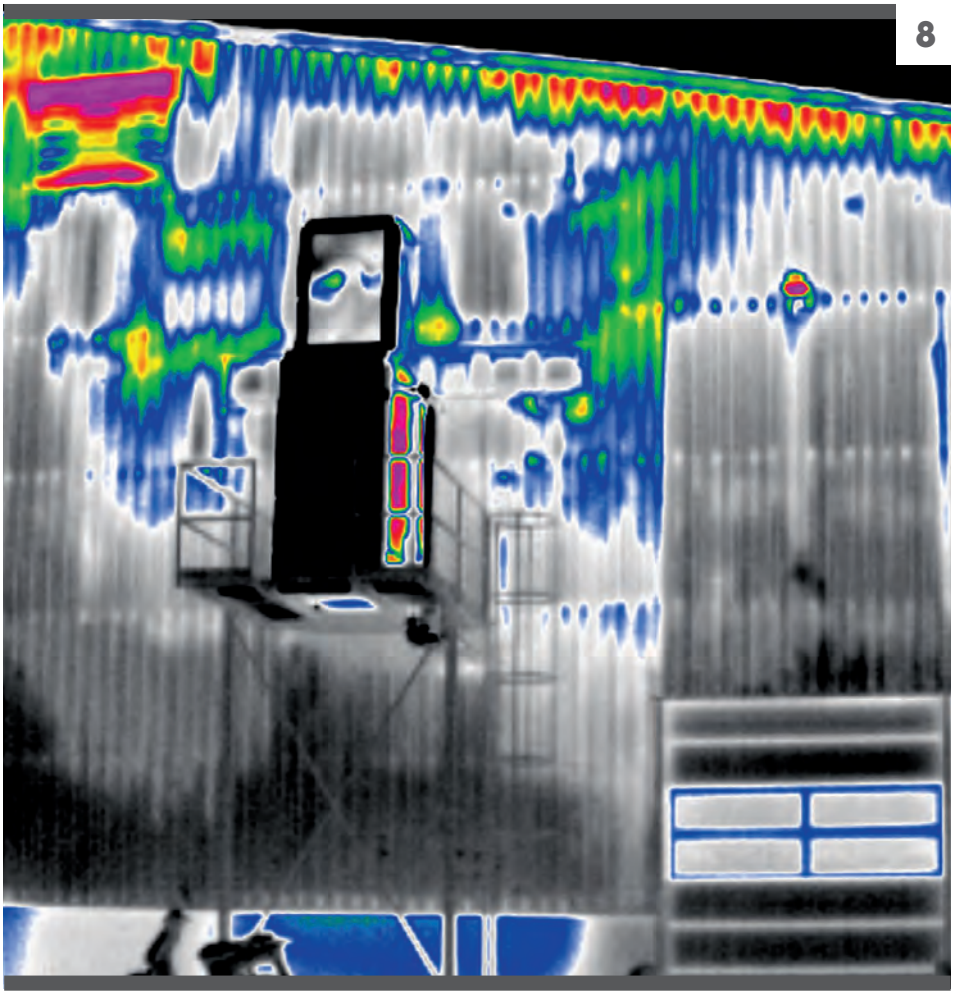
- 15–35 °C közötti hőmérsékletű, magas relatív páratartalmú levegő (70–100%),
- nedvesség (folyamatos) jelenléte (beázás, kondenzvíz),
- szerves táptalaj pH2–pH10 kémhatással (ehhez elegendő megtapadó levegőszennyeződés is),
- gombaspóra és oxigén (mindkettő a levegőben jelen van), valamint fény.

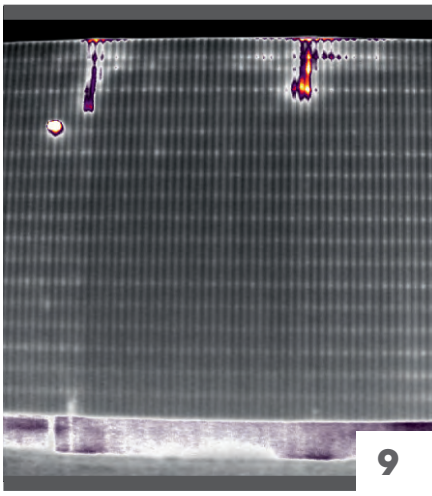
Ezek alapján tehát elmondható, hogy minden olyan esetben, amikor termográfiai eszközökkel ki tudjuk mutatni egy-egy hőhíd jelenlétét, párakicsapódás is történik, ha az érintett felület hőmérséklete a harmatpontnál alacsonyabb. Ennek megállapításához természetesen el kell végeznünk a levegő hőmérsékletének és relatív páratartalmának mérését is. Erre ma már sokféle és igen kedvező árfekvésű kéziműszer használható, tehát különös nehézségeket ez nem okozhat.

Páradiffúzióval, páraszállítással kapcsolatos problémák kimutatása termográfiával

A lakótérben keletkező pára legnagyobb része a szellőzéssel távozik, illetve azzal kellene távoznia. Az egyes építőanyagok eltérő páradiffúziós tulajdonságai miatt természetesen rajtuk keresztül is történik párakiegyenlítés a bel- és kültér között. Jó tervezés esetén a páradiffúzióval az építőanyagba jutó pára esetén a kialakuló hőmérsékletesés következtében vagy egyáltalán nem fordul elő a harmatponti hőmérséklet az anyagban, vagy az anyagnak van lehetősége kiszáradnia.

Gond akkor van, ha a diffúzióval az anyagba jutó pára nem tud kifelé kiszáradni, vagy a burkolati rétegrendben a párafékező szerepet ellátó réteg sérült, esetleg egész egyszerűen hiányzik. Ugyanis már a legkisebb párafékező sérülés, például két fóliapálya hibás egymáshoz illesztése esetében az érintett anyag, többnyire hőszigetelő réteg lokális átázásához vezet. Az előző ábrán látható tetőn keresztül télen naponta nagyságrendileg 1 g/m² vízgőz jut a szabadba, a benne lévő hőszigetelési rendszerhez tartozó párafékező sérülésén keresztül pedig majd-

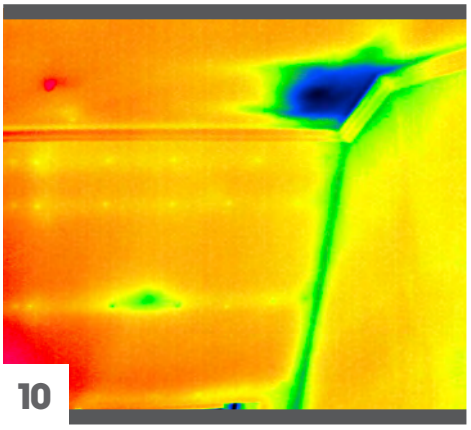

8

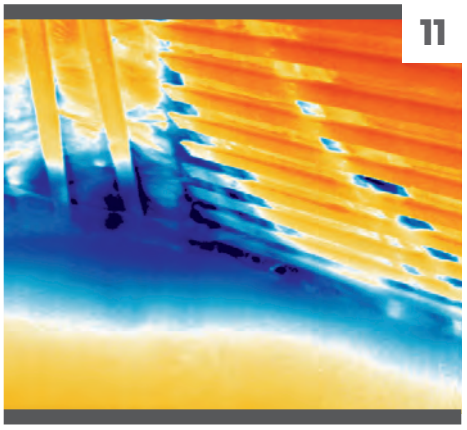

9

8. kép
Hőszigetelés-átnedvesedés kiszivárgó, lehűlő nedves belső levegő párakicsapódása miatt.

9. kép
Tartópillér-tetőszerkezet hőhíd miatt fellépő kondenzálás és hőszigetelés-átázás.

■ Termográfia – vízzel és vízgőzzel kapcsolatos épületkárok felfedezése





10. kép: Párafékező-sérülés által okozott beázás.

11. kép: Légtömörséghiány által okozott víztócsa.

nem 4 g/mm². Ez felületarányosan tehát majdnem 4 milliószor annyi, mint a hibamentes rétegrend páraáteresztése.

A 8. kép egy közbenső hőszigeteléssel ellátott kettős hullámlemez oldalfalakkal határolt, eredetileg raktárnak épült ipari csarnokot mutat. Az épületbe telepített termelés kifejezetten nagy mennyiségű vízpára-keletkezéssel járt, mely miatt a csarnokon belül alig 10 m látótávolságú köd képződött. A vízgőzzel tehát teljesen telítődött belső levegő ezután megfelelő szellőztetés hiányában a külső falak egyáltalán nem légtömör hullámlemez illesztésein keresztül távozott az épületből. A kiszivárgó levegő pedig lehűlt, és a benne levő vízgőz pont a szigetelőanyagban kondenzálódott. A látható teljes átázás lett az eredménye.

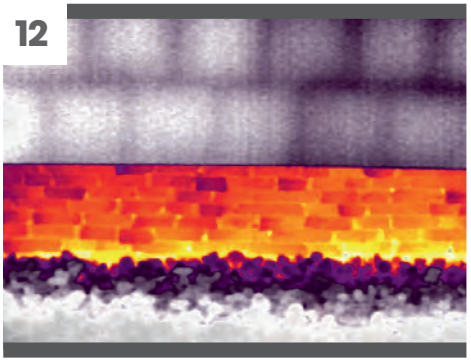
A 9. képen egy másik ipari csarnok tartópillér-tetőszerkezet környékén fennálló hőhíd miatt bekövetkező kondenzálásra utal. Itt a külső burkolat mögött áramló levegő hirtelen lehűl, és az ezért fellépő párakicsapódás áztatta a hőszigetelést.

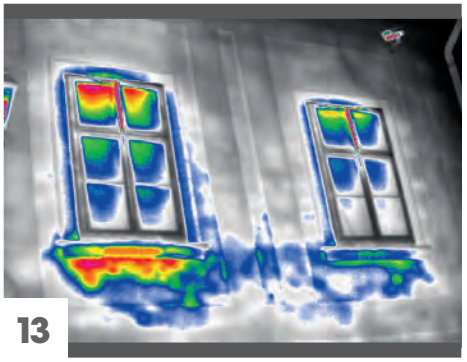
A 10. hőkép a tetőtérkiépítés egyik gyakori hibáját illusztrálja. Van hőszigetelés és párafékező fólia is, de a kivitelezés során a fólia egy kis helyen nem lett megfelelően rögzítve a falhoz vagy a következő fóliapályához. Itt tehát kijut a nedves belső levegő a kültérre, és a lehűlése alatt bekövetkező vízpára-kondenzálódás a hőszigetelés vizesedéséhez, sőt a tetőbeázáshoz hasonló vízmennyiségű burkolat átnedvesedéséhez is vezet. Nincs ez másképp a 11. képen bemutatott esetben sem. A tetőtérburkolat hiányosan légzáró kivitelének következtében a felszálló meleg nedves levegő lehűlése után kondenzvíztócsát eredményez.

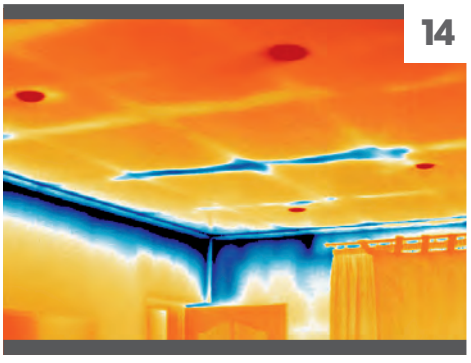
■ Kapilláris nedvesség, illetve beázások felismerése

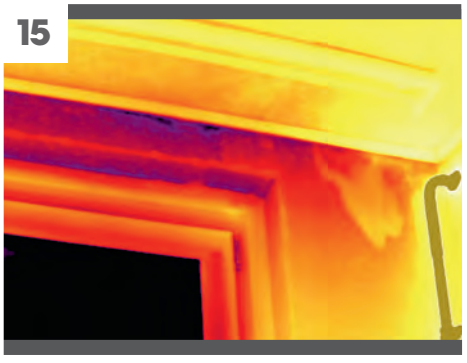
A termográfiai vizsgálat során felfedezhető az elpárolgó nedvesség által okozott hőelvonás, elpárolgási hőmennyiség miatt fellépő hőmérséklet-csökkenés. A mérés természetesen különösen jó termikus felbontású hőkamerát

12. kép: Burkolt aljzatba felszivárgó nedvesség.
13. kép: Rossz ablakpárkány miatt átáztatott fal.
14. kép: Nagymértékű tetőtér felőli beázás (viharkar utáni állapotfelmérés).
15. kép: Panellakás beázása (a tető alatti szintnél egy emelettel lejjebb – a víz a fugákon keresztül jutott ide).









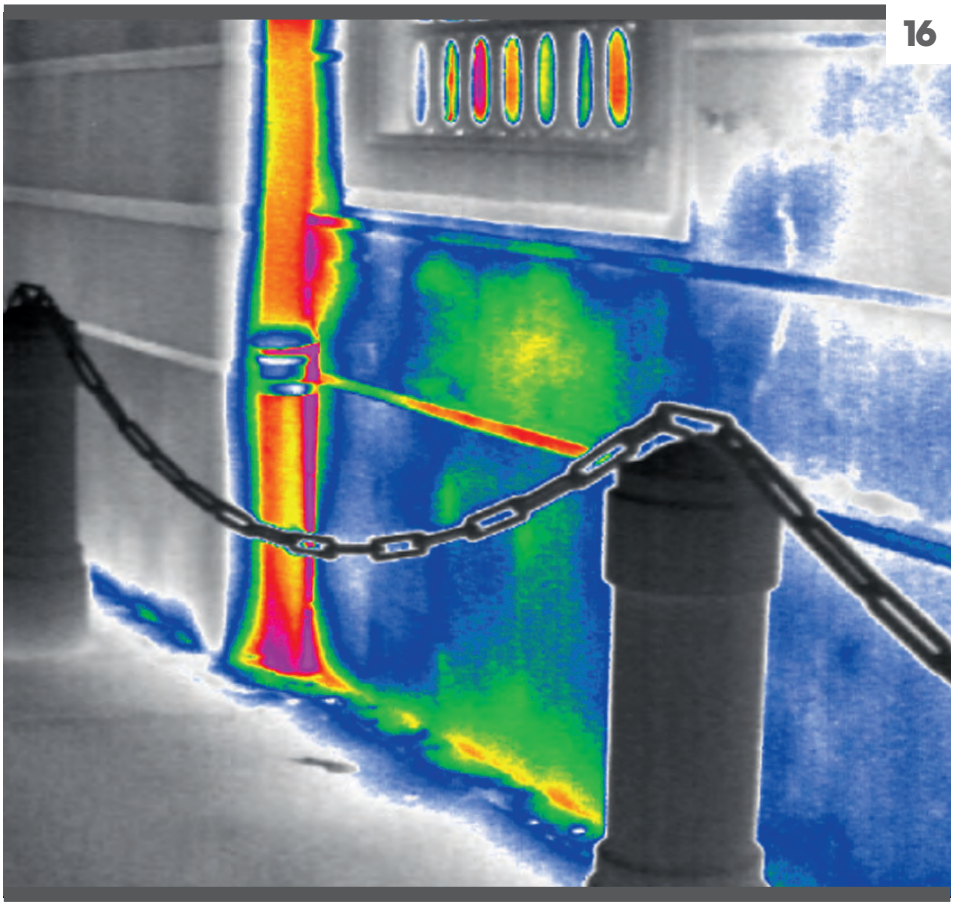
beázás

termográfiai példafelvételek beázásokra

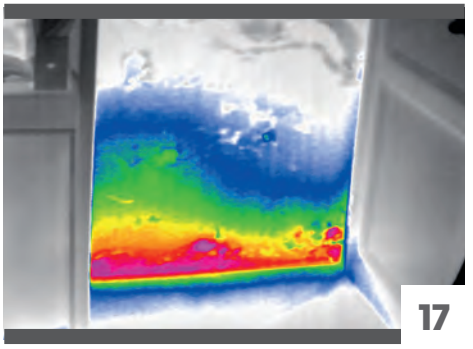
16. kép: Működő burkolat mögé behatoló ereszvíz

17. kép: Aljzatba felszivárgó nedvesség

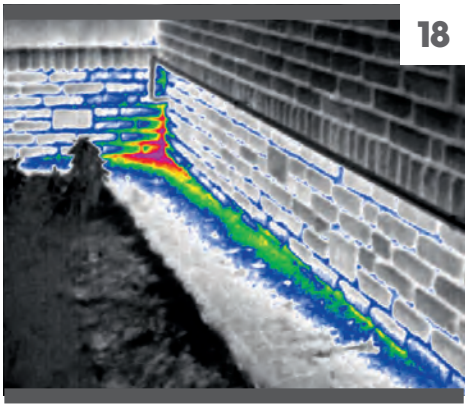
18. kép: Szuterén nedves fala (fordított színskála!)



16



17



18

igényel. Ezzel a módszerrel a következő hibajelenségek találhatók meg:

- földből feláramló vagy beszivárgó, kapilláris nedvesség (például aljzat, alagsor),
- tetők, tetőillesztések vagy ereszvezetékek tömítetlensége miatt bekövetkező beázások,
- szennyvízvezetékek, víztározók, ereszcsatornák tömítetlensége miatti beázások.

Amennyiben a kapilláris vízfelszívás vagy a külsőnedvesség-behatás már az épületelem teljes átázásához vezetett, akkor a párolgási hő helyett inkább az érintett szerkezeti elem csökkentett hőszigetelési képesség miatt hőhídként jelentkező hőmérséklet-eltéréseket fogunk tapasztalni. Erre jó példa az első sor jobb oldali hőképe (13. kép), melyen egy gyakori esőáztatás miatt teljesen átnedvesedett ablak alatti falrész látható. Belülről természetesen az ablak alatt kifejezetten hideg, nyirkos falat találunk. ■