

Uporaba sodobne termovizijske kamere v gradbeništvu

Edvard Hiti, ROMB d.o.o., Laško, <http://www.romb.si>

Termovizijska oziroma infrardeča ali toplotna kamera že dolgo ni več rezervirana izključno za vojaške potrebe, temveč postaja zelo uporabna na mnogih področjih.

1. Uvod

Temperatura kot ena od osnovnih fizikalnih lastnosti daje veliko informacij o stanju snovi. Je posledica neurejenega termičnega gibanja molekul v snovi, ki povzroča elektromagnetno valovanje oziroma toplotno ali infrardeče [IR] sevanje. IR sevanje zavzema le en del v celotnem spektru elektromagnetnega valovanja. Spektralna sestava in jakost sevanja pa sta odvisni od temperature, vrste snovi in kvalitete površine.

Termovizijska kamera je torej razširila človekovo sposobnost zaznavanja - poleg vidne svetlobe tudi infrardeči spekter - in s tem neposreden vpogled v stanje snovi. Termografska analiza - termografija pa omogoča natančno analizo temperaturnega stanja.

Zato IR-kamera postaja nepogrešljiva pri:

- vodenju in nadzoru različnih delovnih procesov;
- spremljanju in nadzoru hitrosti segrevanja ali ohlajanja;
- meritvah temperature;
- odkrivanju napak na podlagi sprememb temperature.

Spremembe temperature lahko nastopijo zaradi več vzrokov:

- različna toplotna prevodnost;
- različna toplotna kapaciteta;
- povečan električni upor ali indukcija;
- preobremenitve in deformacije;
- izparilna toplota;
- trenje;
- kemijske reakcije;
- sprememba metabolizma;
- vnetni procesi.

Z dobrim poznavanjem navedenih fizikalnih, kemijskih in bioloških zakonitosti lahko na podlagi zaznavanja temperaturnega stanja s termovizijsko kamero pripomoremo k hitremu odkritju kakršnega koli nenormalnega stanja v vseh vejah industrije, v naravoslovju, medicini, veterini, pri iskanju pogrešanih pri omejeni vidljivosti in odkrivanju ter spremljanju požarov idr.

2. Uporaba kamere v gradbeništvu

Vedno večji stroški ogrevanja, želja po čim udobnejšem in zdravem bivalnem okolju ter osveščenost o ekološki rabi energentov so tudi v gradbeništvu postavili nova merila in zahteve.

Večina starejših zgradb ne ustreza tem zahtevam. Napake pa se pojavljajo tudi pri novogradnjah.

Slaba toplotna izolacija zgradb, napake pri gradnji, vgradnji oken in vrat, izvedbi toplotne izolacije, hidroizolacije streh, teras in balkonov, pa napake in poškodbe sistema za odvod meteorne vode ter napake na instalacijskih sistemih so vzroki za povečano porabo energije, večje stroške ogrevanja in posledično tudi povečano vlažnost sten, pojava plesni in poslabšanja bivalnih pogojev, v določenih pogojih pa zaradi vlage tudi mehanskih poškodb zaradi zmrzali.

Take napake običajno odkrijemo pozimi ali pa šele takrat, ko že nastopi plesen v obliki temnih madežev.

Zato postaja termovizijska kamera nepogrešljiva za:

- odkrivanje toplotnih mostov;
- odkrivanje napak pri gradnji;
- kontrolo toplotnih izgub;
- odkrivanje netesnih mest oken in vrat;
- odkrivanje vlage v stenah, vzrokov in izvorov zamakanja;
- odkrivanje napak hidroizolacije streh;
- odkrivanje napak podometnih instalacij toplovodnih sistemov in talnega ogrevanja.

Slabo izolirane stene pa ne povzročajo samo večje porabe energije. Na podhlajenih mestih namreč vodni hlapi kondenzirajo v zraku in prav vlaga povzroča največji problem.

Zrak, ki nas obdaja, je zmes plinov in vodne pare.

Absolutna vlaga je masno izražena količina vode v 1m^3 ali 1 kg zraka.

*Količina vlage v zraku lahko doseže vse vrednosti do meje, ko se izenačita **delna tlaka plinske mešanice** zraka in vodne pare. Takrat pravimo, da je zrak **nasičen**.*

*Temperaturo, pri kateri se delna tlaka izenačita, imenujemo **temperaturo nasičenja ali rosišče**.*

Relativna vlažnost $[\varphi]$ je razmerje med dejansko količino vlage v zraku in količino vlage v nasičenem zraku pri enaki temperaturi. Izražena je v [%].

*Torej, **pri nasičenem zraku je vlažnost 100 %**.*

Če zrak segrevamo, se relativna vlažnost zmanjšuje.

Če nenasičen zrak ohlajamo, se relativna vlažnost povečuje. Ko doseže temperaturo rosišča, je relativna vlažnost 100 %.

*Pri nadaljnjem ohlajanju se iz zraka izloča voda – **nastopi kondenzacija**.*

V tabeli 1 so prikazane temperature rosišča za zrak s temperaturo **20 °C** pri različni relativni vlažnosti.

Relativna vlažnost ϕ	Temperatura zraka = 20 °C Temperatura rosišča je pri:
40 %	6 °C
50 %	9 °C
60 %	12 °C
70 %	14 °C
80 %	16 °C

Tabela 1

V tabeli 2 so prikazane temperature rosišča za zrak s temperaturo **24 °C** pri različni relativni vlažnosti.

Relativna vlažnost ϕ	Temperatura zraka = 24 °C Temperatura rosišča je pri:
40 %	10 °C
50 %	13 °C
60 %	16 °C
70 %	18 °C
80 %	20 °C

Tabela 2

Na podhlajenih mestih, kjer je temperatura stene nižja od temperature rosišča, se iz zraka izloča voda.

Večina gradbenih materialov je zrakoprepustna. Zaradi različnih delnih tlakov vodne pare na notranji in zunanji strani prehaja vlažen zrak proti zunanji strani. Na svoji poti se ohlaja. Ko doseže stopnjo nasičenosti, nastopi kondenzacija; prične se izločati voda. Pri zelo prepustnih materialih – na primer: izolacijske stene iz mineralnih vlaken – mora biti na notranji strani vgrajena posebna folija – parna zapora ali ovira, ki onemogoča prehod vodne pare skozi steno. Vsi stiki morajo biti obdelani in zalepljeni. Že na majhnih raztrgninah parne zapore je prehod zraka velik. Na svoji poti se ohlaja. Prihaja do kondenzacije. Vlažni materiali postanejo toplotno prevodnejši. Povečajo se toplotne izgube. Proces kondenzacije se povečuje. Običajno take napake odkrijemo šele takrat, ko prične vodna para kondenzirati na površini, oziroma ko se pojavijo temni madeži plesni. Pregled s termovizijsko kamero pokaže vsako napako v steni kot toplotni most, če je le temperaturna razlika najmanj 10 °C med notranjo in zunanjo temperaturo. Vlago v steni je mogoče zaznati tudi na podlagi spremembe temperature zaradi izparilne toplote ali povečane

toplotne kapacitete vlažnega materiala. Obseg temperaturne razlike nakazuje količino vlage v steni. Le na tak način lahko izvedemo kontrolo stanja izolacije, oziroma kontrolo izvršenih del, in pravočasno odpravimo pomanjkljivosti.

2.1 Nekatere napake pri klasični gradnji

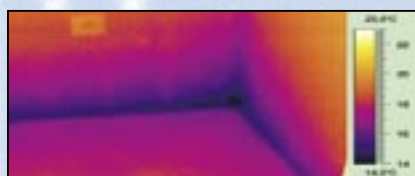
Najpogostejše napake pri klasični gradnji so premajhna toplotna izolacija zunanjih sten, zlasti betonskih konstrukcijskih delov, ter površna vgradnja stavbnega pohištva.

Primer slabe gradnje je prikazan na sliki 1, kjer vsak stik opeke pomeni toplotni most. Na notranji in zunanji strani sta le klasična ometa. Toplotne mostove predstavljajo tudi preklade nad vrati in okni, plošče balkona in vertikalne betonske vezi. Tudi okvirji oken niso zatesnjeni.



Slika 1: pogled na fasado in detajl

Na termovizijski sliki (slika 2) je razvidna velika razlika temperature stene, na barvni fotografiji pa posledice kondenzacije vlage na podhlajenem delu vogalne stene. Izsuševanje stene ne pomaga niti s pogostim prezračevanjem in vzdrževanjem višje temperature v prostoru.



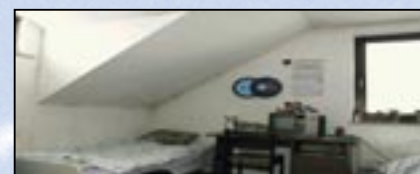
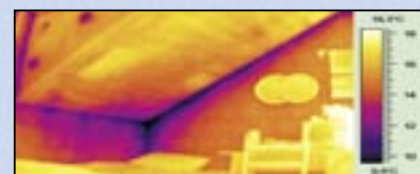
Slika 2: prikaz podhlajene in vlažne stene

2.2 Nekatere napake pri montažni gradnji hiš in mansardnih stanovanj

Uporaba lahkih izolacijskih materialov pri montažnih hišah in mansardnih stanovanjih ima kar nekaj prednosti pred klasično gradnjo. Ena bistvenih je odlična toplotna izolativnost glede na težo in debelino stene.

Zaradi velike prepustnosti zraka teh materialov je treba dosledno preprečiti kondenzacijo vlage v steni ter odpraviti toplotne mostove, ki jih povzročajo nepravilne konstrukcijske izvedbe, kovinska sidra ali uporaba neprimernih ali nekvalitetnih materialov.

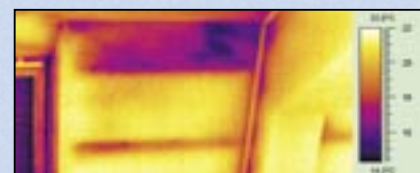
Pomemben je vsak detajl. Toplotne mostove predstavljajo nedodelani vogalni stiki (slika 3), vidna so tudi sidra. Na teh mestih je izolacija omočena. Kondenzat zateka v vertikalne stene. Obseg omočenosti je viden na IR-posnetku kot hladnejši del. Črni madeži plesni, vidni na fotografiji, so se pojavili že po prvi kurilni sezoni.



Slika 3: nepravilno izvedeni stiki izolacije in parne zapore v vogalih.

V delu stene je viden bistveno hladnejši del (slika 4). Iz oblike se da sklepati, da je na tem delu izolacija tanjša.

Tudi v prelomu stene je hladnejši rob zaradi rege v izolaciji. Prvi madeži plesni so se pojavili že po dveh mesecih.

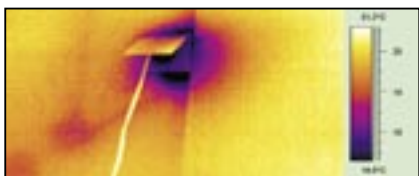


Slika 4: napaka pri vgradnji izolacije. Tudi vgradnja okna je pomanjkljiva, kar kaže občutno hladnejši rob ob okvirju okna.

2.3 Poškodbe izolacije in parne zapore/ovire pri montažni gradnji

Do takšnih napak prihaja pogosto pri naknadni izvedbi inštalaterskih del. Izrezi za kable ali cevi v izolaciji in parni zapori so preveliki ter po zaključku del niso strokovno dodelani. Prehod vodne pare skozi taka mesta je velik, zato je ob večji temperaturni razliki tudi kondenzacija velika.

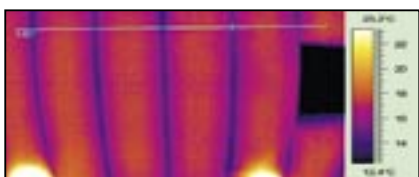
Pri izvedbi elektroinštalacije je narejen izrez za kabel (slika 5). Parna zapora je poškodovana. V vtičnici zaradi podhladitve vlaga hitro kondenzira na kovinskih delih in prehaja v steno. Kontakti bodo zaradi stalne vlage korodirali. Vlažna stena lahko postane električno prevodna. Korodirani kontakti se bodo pregrevali – obstaja nevarnost požara!



Slika 5: poškodba parne zapore in izolacije pri vgradnji elektro instalacij.

2.4 Napake pri izvedbi toplotne izolacije ravnih montažnih streh

Nemalokrat predstavlja nosilna konstrukcija ali ojačitvena rebra strešnih panelov toplotne mostove, ki bistveno vplivajo na izolativnost celotne površine strehe (slika 6). Toplotne izgube skozi streho so velike. Razlika temperature je razvidna iz diagrama (slika 7). Na podhlajenih mestih se nabirajo kapljice kondenzata, ki na najnižjem mestu zateka ob steni.



Slika 6: velik toplotni most predstavlja konstrukcija stropa - strehe.

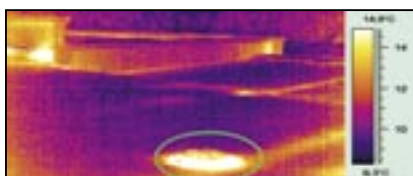


Slika 7: temperaturni diagram za linijo Li 01 s slike 6.

2.5 Nekatere napake hidroizolacije ravnih streh

Napake pri izvedbi hidroizolacij, neustrezna izbira materialov, velike dnevne temperaturne razlike in posledični raztezki so nemalokrat vzrok poškodbam. Začetne majhne razpoke v hidroizolaciji je težko odkriti, ker meteorna voda pogostoma na spodnji strani izteka na popolnoma drugih mestih. Skozi te razpoke prehaja tudi toplejši zrak iz notranjosti. Taka mesta nazorno pokaže IR-kamera.

Najtoplejše označeno mesto na IR-posnetku predstavlja zračnik (slika 8). Ostala toplejša mesta nakazujejo razpoke v hidroizolaciji.

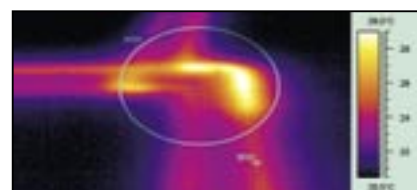


Slika 8: poškodba hidroizolacije ravne strehe.

2.6 Poškodbe podometnih instalacij in talnega ogrevanja

Pri poškodbi cevi talnega ogrevanja in podometnih instalacij je material okoli cevi vlažen in toplotno prevodnejši (slika 9). Zato se tudi okolica napake hitreje segreva. Na tak način je možno dokaj zanesljivo določiti mesto okvare instalacije. Običajno iztekajoča voda zateka ob ceveh in se lahko pokaže v spodnjem nadstropju popolnoma na drugem mestu.

Termovizijska kamera mdr. nazorno prikaže položaj cevi, kar je v veliko pomoč pri morebitni sanaciji tlakov ali sten.



Slika 9: poškodba cevi talnega ogrevanja.



Slika 10: IR-posnetek talnega ogrevanja.

3. Zaključek

Nova spoznanja, uporaba novih materialov, zahteve po boljši kvaliteti bivanja in neprestana dražitev vseh vrst energentov so tudi v gradbeništvu postavili nova merila. Novi materiali zahtevajo nove načine vgradnje. Površnost, neznanje ali uporaba nekompatibilnih materialov so lahko vzrok posledic, kakršne so prikazane na IR-posnetkih. Običajno se vidne napake pokažejo po daljšem obdobju, oziroma takrat, ko so vidne posledice. Zaradi tega so tudi sanacije obsežnejše in drage. Velikokrat je vidna samo posledica, vzroka pa ni mogoče določiti dovolj zanesljivo.

Termovizijski pregled pokaže vse te napake in v večini primerov je z IR-posnetka mogoče razbrati tudi vzrok.

V mnogih državah EU je termovizijski pregled sestavni del pregleda zgradbe v sklopu energetske ocene ter za odpravo morebitnih napak. S tem je kupcu ali bodočemu uporabniku prihranjena marsikatera nevšečnost.