

edice stavitel

Odvlhčování staveb

2., přepracované vydání

Michael Balík a kolektiv



mokrá kniha

 GRADA®

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.





Copyright © Grada Publishing, a.s.

■ ODVLHČOVÁNÍ STAVEB

2., přepracované vydání

Ing. Michael Balík, CSc.

Ing. Lukáš Balík, Ph.D.

Ing. Karol Bayer

Ing. Martin Blaha

Doc. Ing. Eva Burgetová, CSc.

Ing. Tomáš Hoskovec

Ing. Jiří Kočí

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ing. Marek Novotný

Doc. Ing. Jaroslav Solař, Ph.D.

Ing. Pavel Šťastný, CSc.

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400

jako svou 3371. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá

Sazba Jan Šístek

Fotografie na obálce z archivu autorů

Fotografie a grafické přílohy v textu z archivu autorů

Počet stran 312

První vydání, Praha 2008

Vytiskla tiskárna FINIDR s.r.o.,

Lipová č.p.1965, 737 01 Český Těšín

© Grada Publishing, a.s., 2008

Cover Design © Eva Hradiláková, 2008

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

ISBN 978-80-247-2693-9 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-6985-1 (elektronická verze ve formátu PDF)

© Grada Publishing, a.s. 2011

■ Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 9 |
| 1 Oblasti spodní stavby porušované vlhkostí | 11 |
| 1.1 Povrchy | 11 |
| 1.2 Svislé konstrukce, stropy, klenby, podlahy | 13 |
| 1.2.1 Zdivo svislé, obvodové a nosné výplňové | 13 |
| 1.2.2 Stropy a klenby | 13 |
| 1.3 Vnitřní prostředí | 14 |
| 1.3.1 Zdroje vlhkosti | 14 |
| 1.3.2 Důsledky změn vlhkostních parametrů vnitřního prostředí | 18 |
| 1.3.3 Předpisy a požadavky | 21 |
| 1.3.4 Větrání a kvalita vnitřního prostředí | 24 |
| 2 Příčiny poruch | 30 |
| 2.1 Závady stavební, nevhodné úpravy | 31 |
| 2.2 Stavební hmoty a jejich vlhkost | 32 |
| 2.2.1 Smáčivost, nasákavost | 32 |
| 2.2.2 Porozita | 34 |
| 2.2.3 Mrazuvzdornost | 35 |
| 2.2.4 Odolnost vůči krystalizaci solí | 35 |
| 2.2.5 Rozpustnost, vyluhování | 36 |
| 3 Voda v konstrukcích, vlhkost | 37 |
| 3.1 Vlhkost, její veličiny a vztahy | 37 |
| 3.2 Transport vody a vlhkosti v porézních materiálech | 38 |
| 3.2.1 Difuze | 38 |
| 3.2.2 Kapilární vedení vlhkosti | 41 |
| 3.2.4 Kapilární kondenzace | 44 |
| 3.2.4 Povrchová kondenzace | 44 |
| 3.2.5 Sorpce | 45 |
| 3.2.6 Vysychání | 45 |
| 3.3 Zdroje zvýšené vlhkosti | 47 |
| 4 Vodorozpuštěné soli v konstrukcích | 51 |
| 4.1 Zdroje a mechanismy působení vodorozpuštěných solí | 51 |
| 4.1.1 Zdroje solí | 51 |
| 4.1.2 Mechanismus působení solí | 54 |
| 4.2 Důsledky vlivu vodorozpuštěných solí | 56 |
| 4.3 Výkvěty a výluhy | 57 |
| 5 Biokoroze stavebních materiálů | 60 |
| 5.1 Průzkum | 60 |
| 5.2 Souvislosti vlivu plísní se životním prostředím | 61 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | Souvislosti vlhkosti stavebních materiálů se statikou budov | 64 |
| 6.1 | Vliv vlhkosti na mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálů | 65 |
| 6.2 | Posuzování statické spolehlivosti konstrukcí z hlediska vlhkosti | 69 |
| 6.2.1 | Získání výchozích podkladů | 69 |
| 6.2.2 | Trhliny | 71 |
| 6.2.3 | Posuzování zděných konstrukcí | 76 |
| 7 | Podklady nutné pro odvlhčovací návrhy | 81 |
| 7.1 | Místní šetření na stavbě | 81 |
| 7.2 | Zjišťování hmotnostního obsahu vody v konstrukcích – vlhkostní průzkum | 82 |
| 7.2.1 | Klasifikace vlhkosti | 82 |
| 7.2.2 | Metody měření vlhkosti | 83 |
| 7.3 | Informace o podzáklaď a vlastnostech okolního terénu | 90 |
| 7.4 | Průzkumy salinity | 90 |
| 7.5 | Průzkumy z hlediska biokoroze | 90 |
| 7.6 | Průzkumy archivní | 90 |
| 7.7 | Podrobnosti a formy vyhodnocení průzkumů | 91 |
| 8 | Způsoby snížení vlhkosti konstrukcí | 99 |
| 8.1 | Vzduchové izolační systémy | 108 |
| 8.1.1 | Vzduchové dutiny stěnové | 111 |
| 8.1.2 | Konstrukční zásady pro návrh stěnových vzduchových dutin | 122 |
| 8.1.3 | Podlahové vzduchové dutiny | 134 |
| 8.1.4 | Ostatní vzduchové systémy | 145 |
| 8.2 | Dodatečné bariéry ve zdivu | 156 |
| 8.2.1 | Chemické metody | 156 |
| 8.2.2 | Mechanické metody aplikace dodatečných izolací | 177 |
| 8.3 | Jílové izolace | 184 |
| 8.4 | Metody elektroosmotické | 192 |
| 8.4.1 | Elektroosmóza | 194 |
| 8.4.2 | Elektrolýza | 201 |
| 8.4.3 | Druhy elektroosmotických metod | 203 |
| 8.4.5 | Příklady praktického návrhu elektroosmotického systému | 211 |
| 8.5 | Plošné izolace | 217 |
| 8.5.1 | Systémy a materiály vodotěsných izolací | 220 |
| 8.5.2 | Spodní stavba | 221 |
| 8.5.3 | Technologie provádění izolačních systémů | 229 |
| 8.5.4 | Konstrukční řešení detailů vodotěsných izolací | 231 |
| 8.6 | Povlaky, konzervační a hydrofobizační úpravy | 235 |
| 8.6.1 | Nátěry omítek a zdiva | 235 |
| 8.6.2 | Zpevňující prostředky | 241 |
| 8.6.3 | Hydrofobizační prostředky | 243 |
| 8.7 | Omítky | 247 |
| 8.7.1 | Základní dělení | 247 |
| 8.7.2 | Omítky vnitřně hydrofobizované | 248 |
| 8.3.7 | Omítky na historických objektech | 253 |

| | |
|--|------------|
| 9 Ochrana vlhkého zdiva proti plynům | 255 |
| 9.1 Sanace vlhkého zdiva a ochrana proti radonu | 255 |
| 9.2 Sanace vlhkého zdiva a ochrana proti metanu | 256 |
| 10 Odsolování zdiva | 261 |
| 10.1 Opatření proti vlivu vodorozpustných solí | 261 |
| 10.1.1 Redukce obsahu solí | 262 |
| 10.1.2 Používání materiálů odolných vůči působení solí | 265 |
| 11 Snižování vlhkosti prostředí | 266 |
| 11.1 Účinek na základě ohřívání a větrání | 266 |
| 11.2 Odvlhčování na principu adsorpce | 267 |
| 11.3 Odvlhčování pomocí kondenzace | 268 |
| 12 Sanační návrhy z hlediska památkové ochrany | 270 |
| 13 Odvlhčovací návrhy v příkladech, variantách | 274 |
| | |
| Slovníček vybraných pojmů | 289 |
| Výběrový seznam odborné literatury | 301 |
| O autorech | 306 |

Motto:

„...Je-li však některá stěna provlhá úplně, postaví se v malém odstupu od ní druhá tenká stěna vzdálená od první o tolik, kolik poměry dovolí. Mezi oběma stěnami se vede o něco pod úroveň místnosti žlábek s otvory do volného prostoru. Po postavení této stěny až do její výšky se (v ní) ponechají průduchy (také nahoře). Nebude-li totiž vlhkost míti odvodu otvory jak nahoře tak i dole, rozšíří se i v novém zdivu... Není-li však pro nedostatek místa možno postavit takovouto druhou zeď, zídí se stružky, jejichž otvory musejí ústiti na volné prostranství. Pak se položí dvoustopové střešní krytinové cihly s jedné strany na okraj stružky. S druhé strany se pod ně podezdí z malých cihel pilířky, na nichž mohou svými rohy seděti 2 krytinové cihly, které mají odstupovati ode zdi tak, aby nenechávaly více volnosti než na šířku dlaně. Ke stěně nad tím se upevní odspodu až po hořejšek svísele postavené bradavkové cihly (tegula mammata), jejichž vnitřní strana se musí pozorně vysmoliti, aby se do nich nemohla dostatí vlhkost. Také zde je třeba zařídití průduchy naspodu i zcela nahoře nad stropním zaklenutím...“

(Alberti: Deset knih o stavitelství)

■ Úvod

Prostorová vlhkost a vlhkost zdiva budov jsou základními problémy, které spolu se statikou ovlivňují rozhodování majitelů (investorů) o způsobech a rozsahu rekonstrukce. V posledních letech je to také problém kvality novostaveb, které velmi často není možné z důvodu vlhkosti zdiva zkolaudovat.

Návrhy způsobů dodatečného snižování vlhkosti se časem poněkud oddělily od běžného projektového stavitelství a staly se, alespoň v komplikovaných případech, samostatnou projektově-stavební specializací. Kvalitu návrhů by měly také zajistit platné normy, které jsou závazné. Situace se poněkud znepréhledňuje stále novými sanačními metodami, které se objevují na stavebním trhu, zároveň s novými realizačními organizacemi.

Cílem publikace je podrobná orientace v daném problému, v možnostech snižování vlhkosti zdiva, prostor a domů. Je určena projektantům, majitelům domů a investorům. Kniha může být i doplňkem studia na středních a vysokých školách. Její těžiště je v reálných komplexních návrzích sanace, s podrobnou charakteristikou, vytipováním kladů a záporů navržené dominantní metody, které vychází z dlouholetých zkušeností. Kniha o odvlhčování navazuje svým zaměřením a rozsahem na řadu knih dřívějších, které bylo třeba doplnit a aktualizovat (jsou součástí uvedené literatury).

Řešit snížení vlhkosti konstrukcí bez respektování příčin poruch je předem navrženou vadou. Takto navržené metody, často zvolené libovolně, jsou neúplné a přestože mohou dočasně splnit zadání, tj. zajistit suché povrchy, vyvolávají další vážné poruchy konstrukcí. Při výběru odvlhčovacího opatření je třeba brát v úvahu jeho nadřazenost oproti úpravám vedlejším. Rovněž je třeba rozhodnout, které problémy staveb jsou celkové a které pouze lokální. Jejich záměna je podstatným omylem, který vede ke ztrátě odborné orientace v poruchách způsobených vlhkostí. Poznání celého řetězce vztahů příčin poruch je při sanačním návrhu základním krokem.

Autoři knihy jsou ve svých oborech specialisty a jejich jednotlivé kapitoly se navzájem překrývají a doplňují. Stylizace a částečně i řazení textů jsou samozřejmě ovlivněny jejich subjektivním pohledem.

Významnou částí knihy jsou podklady grafické, které byly obětavě a profesionálně zpracovány dalšími spolupracovníky. Děkujeme! Jsou to: Jitka Kůželová, Ing. Miroslav Čivrný, Ing. Michal Humal, Ing. Veronika Jarošíková, Ing. Kristina Vavrušková a Ing. Karel Macek. Za zpracování výpočtů v programu ANSYS děkujeme Doc. Ing. Milošovi Kalouskovi.

Za pečlivou a přínosnou práci, bych rád poděkoval doc. Ing. Tomáši Klečkoví, CSc., řediteli Kloknerova ústavu ČVUT v Praze, který se ujal úkolu pročtení celého rukopisu jako recenzent a vznesl řadu podnětných poznámek a připomínek.

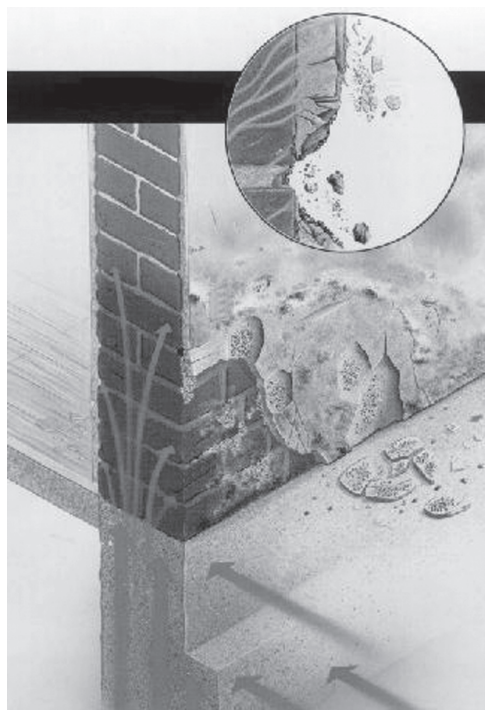
1 Oblasti spodní stavby porušované vlhkostí

Poruchy konstrukcí, jejichž příčinou je vysoká vlhkost, salinita a další s ní související vlivy, ovlivňují jejich životnost a zásadně možnosti využívání prostor. Degradující omítky jsou nejčastěji důsledkem vlhkosti konstrukcí. V další charakteristice se neberou v úvahu problémy, které jsou spojeny s volným zatékáním vody, jako například poruchy instalací, dešťových svodů, vadných stavebních detailů apod.

1.1 Povrchy

Prvním příznakem problémů s vlhkostí bývá obvykle estetická porucha na povrchu stěny, odlupování nátěru nebo narušení omítky (obr. 1.1 a obr. 1.2).

Pro základní rozlišení povrchové úpravy a schopnosti odolávat zatížení vlhkostí a vodou rozděluje zahraniční norma DIN omítky dle jejich kapilární nasákavosti (tab. 1.1).



Obr. 1.1 Mechanismus narušení omítky vztlínající zemní vlhkostí (vztlínající vlhkost zavlhčuje omítku, zóna odpařování je na povrchu omítky, krystalizující soli narušují postupně povrch omítky i zdíva)

Toto rozlišení může pomoci se správnou volbou omítky z hlediska jejího zatížení vlhkostí z vnější strany, nepopisuje však vlastnosti omítky z hlediska její odolnosti proti vztlínající zemní vlhkosti. V praxi je právě vztlínající zemní vlhkost nejčastější příčinou poruch spodní stavby.

Z tohoto důvodu je nutno rozlišovat kromě vodoodpudivosti povrchové úpravy ještě další vlastnosti omítek, především jejich difúzní odpor a pórovitost. Z tabulky 1.1 je patrná shodná vodoodpudivost tvrdé soklové omítky a porézní sanační omítky. Nesprávné použití



Obr. 1.2 Příklad působení vztlínající zemní vlhkosti

12 Oblasti spodní stavby porušované vlhkostí

soklové omítky, která je nedostatečně paropropustná, vede u vztlínající vlhkostí zatíženého zdiva k zásadnímu zhoršení stavu vlhkosti v celé konstrukci. Extrémem jsou ještě dnes občas prováděné obklady vlhkého zdiva nepropustným keramickým obkladem.

Rozhodující pro úspěšnou volbu povrchové úpravy vlhké konstrukce je tedy analýza příčin vlhkosti a správně navržená omítka z hlediska jejích vlastností i technologické skladby.

Tab. 1.1 Druhy omítek a jejich kapilární nasákavost

| Druh omítky | Kapilární nasákavost [kg/m ²] | Po čase [min] |
|--|---|---------------|
| Jádrová omítka: <ul style="list-style-type: none">• průmyslově vyrobená omítková směs;• hydrofobizovaná průmyslově vyrobená omítková směs | ≥2 ≤2 | 30 30 |
| Lehčená jádrová omítka | ≥2 | 30 |
| Tepelně izolační omítka s lehkými organickými přísadami | ≤2 | 120 |
| Tepelně izolační omítka s minerálními lehkými přísadami | ≤2 | 120 |
| Soklová jádrová omítka (v soklové oblasti) | ≤1 | 120 |
| Pórovitá jádrová omítka | ≥2 | 30 |
| Sanační omítka | ≤1 | 120 |
| Jednovrstvá venkovní omítka | ≤2 | 30 |

Tab. 1.2 Druhy omítek – jejich použití v souvislosti s vlhkostí

| Druh omítky | Správné použití |
|--|--|
| Standardní omítky: <ul style="list-style-type: none">• běžná jádrová omítka štukovaná;• hydrofobizovaná omítková směs | interiéry nezatížené vlhkostí exteriér, běžné fasády |
| Tepelně izolační omítka | obvykle exteriér, nutno hydrofobizovat nátěrem |
| Soklová jádrová omítka (v soklové oblasti) | u exponovaných komunikací |
| Sanační omítka | zdivo zatížené vztlínající zemní vlhkostí |
| Izolační omítka | vnější strana zdiva zatíženého vlhkostí z terénu |
| Izolační stěrka | jako izolační omítka, nutný rovný podklad, speciální prostory (nádrže, bazény apod.) |
| Vápenná omítka | interiéry, prostory s častou kondenzací vlhkosti (koupelny), omítky dobře „dýchají“ |
| Hliněná omítka | interiér, výrazně reguluje vlhkost vzduchu |

■ 1.2 Svislé konstrukce, stropy, klenby, podlahy

■ 1.2.1 Zdivo svislé, obvodové a nosné výplňové

Zdivo svislé, obvodové a nosné výplňové (částečně i zdivo příček) je namáháno zejména vlhkostí:

- vzlínající do zdiva z podzákladí;
- pronikající do zdiva z oblastí, kde je voda naakumulována (terény, dvory, chodníky apod.);
- na povrchu zdiva kondenzující vlivem jeho tepelně technických vlastností a nedostačným a nevhodným pohybem vzduchu a jeho kvalitou (větráním).

Na zdivu se projevují klasické vlhkostní mapy, jejichž charakter je směrodatný pro určení převažujícího vlivu. Vlhkost a salinita způsobují často postupný hloubkový rozpad zdiva. Postupně degraduje vždy nejdříve mechanicky „měkčí“ materiál. U zdiva kamenného (mimo jemnozrnného pískovce, vápence, opuky apod.), kde záleží na kvalitě ložné skladby, se tedy vesměs nejdříve vysypávají spáry. Cihelné zdivo se často chová opačně a mnohdy zůstávají pouze rastry například cementových spár.

Tvar vlhkostních map má své zákonitosti v souvislosti s druhem převažujícího vlivu. Je-li hlavní příčinou poruch **voda vzlínající z podzákladí**, zvyšuje se úroveň vlhkostních map vždy:

- v oblastech styku obvodových zdí a nosných středních zdí;
- v koutech podél obvodu;
- v místech schodišťových těles a výtahových šachet.

U převažující **vlhkosti, která vniká do konstrukce z boků**, lze pozorovat:

- nejvyšší vlhkost v hloubce cca 0,5–0,7 m pod úrovní terénu;
- kolísání hmotnostní vlhkosti v souvislosti s atmosférickými vlivy;
- na středních zdech kolmo situovaných k obvodu tvorbu vlhkostní mapy ve tvaru trojúhelníku, jehož přepona klesá směrem do středu domu.

U kondenzující vlhkosti, pokud je hlavní příčinou poruch, se objevují viditelné, nepravidelně ohraničené vlhkostní mapy:

- zdánlivě nelogicky, na různých místech v ploše zdi, často i vysoko nad „suchou“ oblastí. Takové poruchy jsou dokladem různého stavebního materiálu použitého ke zdění. Na blocích kamene, který má velkou tepelnou akumulaci nebo vytváří tepelný most, se kondenzující vlhkost projevuje nejdříve;
- v horních koutech místností a v oblastech s možností vzniku tepelných mostů – u oken, dveří apod.

■ 1.2.2 Stropy a klenby

Hlavní vlivy, které způsobují poruchy horizontálních konstrukcí, které nesouvisí přímo s terénem, jsou vysoká hmotnostní vlhkost svislých konstrukcí, vlastnosti stavebního materiálu a prostorová relativní vlhkost v místnostech pod nimi.

14 Oblasti spodní stavby porušované vlhkostí

Vlhkost se do stropů a kleneb dostává tedy přímým kontaktem se zavlhlou zdí a přestupem vodní páry z prostorů. U kleneb se vzhledem k často velké konstrukční výšce v oblasti patek může vlhkost shromažďovat dlouhodobě. K tomuto stavu negativně přispívají mokré stavební procesy při rekonstrukci.

Stropy a klenby bývají viditelně zavlhlé:

- v místech kontaktu stropů s obvodovými stěnami;
- v patkách kleneb;
- ve vrstvách pod nášlapnými vrstvami podlah.

Dobře izolované podlahy nad nimi jsou důvodem pro radikální zhoršování vlhkostního stavu celé skladby.

Podlahové vrstvy v kontaktu s terénem se často vlhkostí vzdouvají, eventuálně se rozpadají hnilobou (dřevěné). Vytvářejí se podmínky pro výskyt plísní a hub.

Důvody tohoto stavu jsou:

- vysoká vlhkost zeminy v podzákladí, eventuálně blízkost vody;
- poruchy nebo nevhodný typ plošné hydroizolace;
- nedokonalé izolační spojení vodorovné podlahové izolace s izolací zdí;
- absence izolace nosných zdí;
- izolace nosných zdí a skladba podlah bez izolace.

Ve všech výše jmenovaných případech byla některá část systému „dokonalé hydroizolační vany“ podceněna nebo dokonce vynechána.

Při vytváření koncepce dodatečného hydroizolačního systému je nutné si položit zásadní otázku: „Je třeba podlahy izolovat proti vodě v případě, že ani zdivo izolováno není?“. Jak velké úpravy v dispozici, provozu, eventuálně v typu nášlapných vrstev by to znamenalo? Tato otázka často projektanta překvapí a záleží na technických argumentech, které by ho mohly vést k návrhům skladby podlah bez hydroizolace. Za dobrou izolaci lze považovat i vytvoření podkladního dutinového celoplošného systému.

■ 1.3 Vnitřní prostředí

„Lidé, kteří se těší podnebí čistšímu, vynikají duševně nad ty, kdo žijí v ovzduší hustém a vlhkém.“

(Alberti, Deset knih o stavitelství)

■ 1.3.1 Zdroje vlhkosti

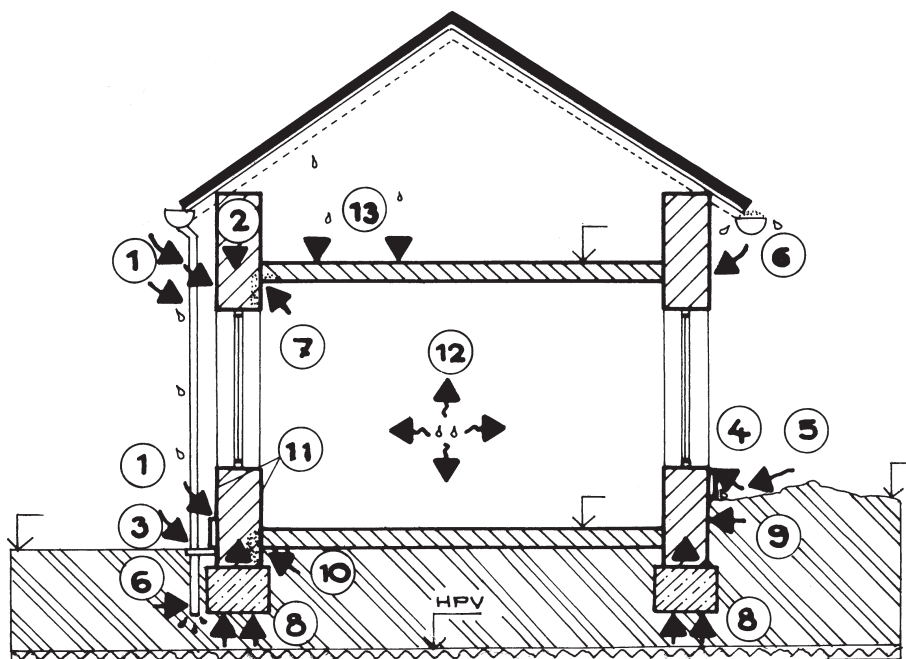
Vlhkost v konstrukcích

Vlhkost je nedílnou součástí prakticky všech pórovitých stavebních látek a z nich vytvářených konstrukcí. Určité množství vlhkosti v konstrukcích nemusí být pro stavbu samu na obtíž a z hlediska vnitřního mikroklimatu v budovách může být i pozitivním faktorem. Obtížnou

se však vlhkost stává v situacích, kdy dochází k jejímu hromadění v určitých místech konstrukce, kde pak iniciuje degradační procesy a zhoršuje užité vlastnosti konstrukce a může být i příčinou snížené funkčnosti a spolehlivosti stavebního díla.

U objektů, kde vytváříme vnitřní klima nezávislé na proměnách vnějšího prostředí, dochází k rozdílům vlhkosti vzduchu, resp. teplot v exteriéru a v interiéru. Směr pohybu vodní páry je dán snahou po vyrovnání těchto rozdílů – z prostoru s vyšším parciálním tlakem do prostoru s nižším parciálním tlakem. Vzniká tak tok vodní páry (difuze) a tok tepla obalovými konstrukcemi. Protože vzniku uvedených rozdílů nelze zabránit (budova by ztratila příslušné požadované parametry vnitřního mikroklimatu) je nutné vždy hledat cestu a způsoby, jak vodní páře umožnit snadný přechod do atmosféry a rizikový faktor kondenzace vody uvnitř zdiva tak vyloučit, tzn. zabezpečit konstrukčním řešením stav, kdy v celoroční bilanci je množství zkondenzované vodní páry menší než množství vodní páry, která je schopna se z konstrukce odpařit (kapacita odparu).

Z hlediska vlhkosti jsou nejvíce namáhány suterénní konstrukce objektů s nefunkčním nebo neexistujícím hydroizolačním systémem, do kterých se vlhkost dostává vztlínáním nebo difuzí vodní páry z podzákladí. V tomto případě vodní pára ve zdivu kondenzuje a je kapilárními



Obr. 1.3 Příčiny vlhnutí zdiva

1 – dešťová voda pronikající z boku, stékající po povrchu zdiva; 2 – volná voda pronikající stavebními vadami; 3 – volná voda vnikající do zdiva špatným stavebním detailem; 4 – voda odstříkující; 5 – voda stékající volně po povrchu; 6 – špatný stav instalací dešťových svodů; 7 – kondenzace v místech nedostatečné tepelné izolace; 8 – voda vztlínající z podzákladí; 9 – voda vnikající do zdiva z boků; 10 – s vodou do konstrukce pronikají i rozpustné soli; 11 – voda hygroscopická; 12 – zvyšování vlhkosti v interiéru; 13 – stavební vlhkost vnášená mokřými procesy

16 Oblasti spodní stavby porušované vlhkostí

silami transportována do nadzákladových částí zdiva. Tyto konstrukce jsou pak zdrojem zvýšené vlhkosti.

Vlhkost vnitřního prostředí

Stav vnitřního prostředí a jeho složky lze popsat řadou fyzikálních veličin, které jsou uvedeny v následující tabulce 1.3.

Tab. 1.3 Přehled složek vnitřního prostředí a jejich fyzikálních veličin [3]

| Interní mikroklima | Základní veličiny | Charakter | Zdroje |
|--------------------|---|--|--|
| Tepelně vlhkostní | Teplota (°C), vlhkost vzduchu absolutní (g/m ³) a relativní (%) | Teplo, vodní pára | Lidé, technologie |
| Mikrobiální | Koncentrace mikroorganismů (1/m ³) | Mikroorganismy ve vzduchu | Lidé, flóra a fauna |
| Toxické | Koncentrace toxických látek (mg/m ³) | Rozptýlené plynné škodliviny ve vzduchu | Spalování, oxidy uhlíku a dusíku |
| Oděrové | Koncentrace plynných látek (mg/m ³ , p. p. m.) | Vůně, zápach | Kosmetika, cigarety |
| Aerosolové | Koncentrace aerosolů (mg/m ³) | Rozptýlené pevné a kapalné škodliviny ve vzduchu | Prach, aplikace nátěrů |
| Elektrostatické | Elektrostatický náboj (V) | Statická elektřina | Dynamický styk a oddělování pevných částic |
| Akustické | Hladina akustického tlaku (dB) | Hluk | Lidé, zařízení, technologie |

Z uvedeného přehledu složek vnitřního prostředí je dále analyzována tepelně vlhkostní a mikrobiální problematika.

Příčiny zvýšené vlhkosti v budovách

Možné příčiny zvýšené vlhkosti:

- nedostatečná údržba (zanesení drenáže, dešťových svodů a okapů, zatékání poškozenou krytinou, komínovými průduchy nebo klempířskými prvky),
- změna provozních parametrů vzduchu uvnitř objektu (zvýšení relativní vlhkosti vzduchu a teploty), kde nejsou stávající konstrukce pro tyto účely dimenzovány,
- změna užívání objektu,
- změna systému vytápění,
- nevhodné stavební zásahy (zazdění větracích průduchů, dodatečné použití nepropustných materiálů na vnějším líci zdiva znemožňujících difuzi vodních par, např. keramické obklady, cementové omítky, parotěsné podlahy apod.),
- změna hydrogeologických podmínek – zvýšení hladiny podzemní vody.

Povrchová kondenzace

Při dané teplotě je vzduch schopen pohltit jen určité omezené množství vodní páry. Při poklesu teploty pod teplotu rosného bodu – která je funkcí teploty a relativní vlhkosti vzduchu – adekvátní množství vodní páry okamžitě zkondenzuje.

Příčinou vzniku povrchové kondenzace jsou změny teplotního a vlhkostního režimu vzduchu v místnosti, které jsou výsledkem v ní probíhajících procesů (vytápění, větrání a další využívání).

Množství produkované vlhkosti v objektu může být velmi rozdílné, podle druhu činnosti. Pro průměrný byt může celková produkce vodní páry dosáhnout 10–15 kg za den. Zvýšenou vlhkost vnitřního vzduchu podporuje nevhodný režim vytápění, nepříznivá expozice místností, případně lokální zdroje vlhkosti (akvária, pěstování květin, nefunkční ventilace v kuchyni nebo koupelně apod.).

Tab. 1.4 Zdroje vlhkosti v budovách

| Zdroj vlhkosti | Množství vlhkosti (g/h) |
|----------------|-------------------------|
| Člověk | 50 – 300 |
| Koupelna | 700 – 2600 |
| Kuchyně | 600 – 1500 |
| Sušárna | 200 – 500 |

Kondenzaci vody na vnitřním povrchu stavebních konstrukcí ovlivňují rovněž změny povětrnostních podmínek v různých ročních obdobích:

- v zimním období dochází ke kondenzaci na konstrukcích, které nejsou dostatečně izolovány (tepelné mosty v místech koutů, štitových stěn, střešního pláště, nadpraží apod.);
- na jaře a v první polovině léta nastává tato situace často v nevytápěných masivních budovách (např. kostely, zámky) na chladných konstrukcích s vysokou tepelnou akumulací. V tomto období je budova stále ještě velmi chladná, resp. výrazně chladnější než okolní atmosféra, a v důsledku toho při větrání vlhkost obsažená ve venkovním vzduchu kondenzuje na chladném povrchu stěn.

Tab. 1.5 Rosný bod [5]

| Teplota vzduchu [°C] | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Max. obsah vodní páry ve vzduchu [gm ⁻³] | 0,9 | 2,2 | 4,8 | 9,1 | 17,3 | 30,3 |

Tab. 1.6 Obsah vlhkosti ve vzduchu v závislosti na relativní vlhkosti [5]

| Relativní vlhkost (%) | Množství vodní páry ve vzduchu (gm ⁻³) při teplotě vzduchu (°C) | | | | | |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|------|-----|
| | -20 | -10 | 0 | +10 | +20 | +30 |
| 30 | 0,30 | 0,7 | 1,4 | 2,8 | 5,2 | 9 |
| 40 | 0,35 | 0,9 | 1,9 | 3,8 | 6,9 | 12 |
| 50 | 0,45 | 1,1 | 2,4 | 4,7 | 8,7 | 15 |
| 60 | 0,54 | 1,3 | 2,9 | 5,6 | 10,0 | 18 |
| 70 | 0,63 | 1,5 | 3,4 | 6,6 | 12,0 | 21 |

Opatření pro zamezení vzniku povrchové kondenzace předpokládá:

- zajistit řádné vytápění místností v zimním období;
- zajistit relativní vlhkost vzduchu v bytových prostorách pod 50 %;
- ze strany uživatelů bytu zajistit nezbytné větrání bytových prostor okny;
- na maximální možnou míru omezit produkci vlhkosti v bytě;
- lokální zdroje vývinu par je nutné zajistit lokální ventilací;
- není vhodné umísťovat nábytek těsně ke stěnám, naopak mezi nábytkem a stěnou by měla být pro volné proudění vzduchu ponechána mezera alespoň 50 mm;
- v době na počátku užívání budovy zvýšit intenzitu výměny vzduchu a vytápění.



Obr. 1.4 Povrchová kondenzace s výskytem plísní v místě tepelně poddimenzovaného překladu



Obr. 1.5 Typickým projevem povrchové kondenzace je orosování povrchů konstrukcí, v tomto případě „obkreslování“ rozvodů studené vody s následným výskytem plísně

■ 1.3.2 Důsledky změn vlhkostních parametrů vnitřního prostředí

Degradace stavebního materiálu

Hromadění vlhkosti vzniklé v důsledku kondenzace v určitých místech konstrukce vyvolává výskyt plísní a degradační procesy, které způsobují rozpad omítkových vrstev, rozpad pojiva, povrchové narušení a rozpad cihel a kamene a řadu dalších poruch.

V případě silně zavlhlých konstrukcí dochází v jejich struktuře k vysoké saturaci kapilár a pórů. Důsledkem tohoto jevu je vyšší tepelná vodivost stavebních materiálů a intenzivnější prostup tepla. Tím dochází ke značným tepelným ztrátám.

Zvýšená vlhkost je příčinou hniloby zabudovaných dřevěných konstrukcí.

V budovách dochází v důsledku zvýšené vlhkosti k poškození uměleckých předmětů (v historických objektech nástěnných maleb), které jsou ve vlhkém prostředí umístěny.

Na druhé straně však vysušení zdiva nemusí zákonitě vést ke zlepšení jeho pevnostních charakteristik. Velmi nízké hodnoty vlhkosti vzduchu způsobují při delší expozici smršťování hmoty vysycháním vlhkosti z její struktury, což může vést ke vzniku trhlin a k rozpadu stavebních materiálů (zejména opuky). Přesušováním konstrukce dochází u neomítnutého