

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA



Sanace vlhkého zdiva železničních měníren

Petr Viták II. ročník prezenčního studia DFJP
Peter Böserle II. ročník prezenčního studia DFJP
Pavel Dvořák II. ročník prezenčního studia DFJP
Jan Michl II. ročník prezenčního studia DFJP

studijní skupina: 2.E
studijní skupina: 2.E
studijní skupina: 2.E
studijní skupina: 2.E

Obsah

1. PROHLÁŠENÍ.....	4
2. ANOTACE	4
3. VŠEOBECNÉ ÚDAJE	4
3.1. VODA KOLEM NÁS	4
3.2. VODA A ZDIVO	4
3.3. VLHKÉ ZDIVO A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	4
4. NÁZVOSLOVÝ.....	5
5. DŮLEŽITÉ VELIČINY STAVEBNÍ FYZIKY	7
5.1. VLHKOST, NASÁKAVOST, STUPEŇ HYDROFOBIZACE	7
5.2. CHEMISMUS VLHKÉHO ZDIVA.....	7
5.2.1. Výkvětovorné soli.....	7
5.2.2. Kyselý déšť.....	8
5.3. VLIV VLHKOSTI VZDUCHU.....	8
6. BIOLOGICKÉ VLIVY ROZRUŠOVÁNÍ ZDIVA.....	10
7. HYDROFIZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ZÁKLADOVÉ PŮDY.....	11
8. PŘÍČINY VLHNUTÍ ZDIVA STARŠÍCH STAVEBNÍCH OBJEKTŮ	12
8.1. VODA SRÁŽKOVÁ (DEŠŤOVÁ).....	12
8.2. VODA KONDENZOVANÁ (KAPILÁRNÍ).....	13
8.3. VODA KONDENZOVANÁ (VODNÍ PÁRA).....	13
8.4. VODA PŮSOBÍCÍ HYDROSTATICKÝM TLAKEM	15
8.5. HYGROSKOPICITA STAVEBNÍHO MATERIÁLU	15
9. PRŮZKUM VLHKÝCH STAVEBNÍCH OBJEKTŮ	16
9.1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE	16
10. VZLÍNAJÍCÍ (KAPILÁRNÍ) VODA A TECHNICKÉ PROSTŘEDKY OMEZUJÍCÍ JEJÍ PŮSOBENÍ	18
10.2. METODY CHEMICKÉ (INJEKTÁŽNÍ)	18
10.2.1. Všeobecné údaje	18
10.2.2. Metoda TIZOL	19
10.2.3. Metoda TOSIL — hydrofob.....	20
10.3. METODY ELEKTROFYZIKÁLNÍ.....	20
10.3.1. Všeobecné poznatky	20
10.3.2. Metoda PU 10.....	27
10.3.3. Galvanoosmóza	28
10.3.4. Metoda LADICOM	28
10.3.5. Metoda MORAEU.....	29
10.3.6. Metody ostatní	29
10.4. METODY KLASICKÉ , MECHANICKÉ A OSTATNÍ.....	32
10.4.1. Metody klasické	32
10.4.2. Metoda Massari	33

10.4.3. Metoda HW - zaražení izolačních desek do zdiva	33
11. SRÁŽKOVÁ VODA A TECHNICKÉ PROSTŘEDKY OMEZUJÍCÍ JEJÍ PŮSOBENÍ	34
11.1. STŘECHA A ODVOD VODY ZE STŘECHY	34
11.2. OKAPOVÉ CHODNÍČKY – SRÁŽKOVÁ VODA PŘIVEZENÁ KE ZDIVU KAPILÁRAMI ZEMINY	34
11.3. FASÁDNÍ OBKLADY	35
12. VLHKÉ ZDIVO V PŘÍČINNÉ SOUVISLOSTI S VĚTRÁNÍM A MALBAMI	36
13. RYCHLÉ VYSOUŠENÍ ZDIVA ROZKLADEM VODY ELEKTROLÝZOU	37

1. Prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je naším původním autorským dílem, které jsme vypracovali samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsme při zpracování čerpali, v práci řádně cituji.

2. Anotace

Tato práce vznikla na základě hlubšího zamyšlení nad sanací zdiva budov. Ne každý uživatel těchto budov si uvědomuje důležitost a existenci několika zásadních skutečností souvisejících s provozem a užíváním. Proto se v této práci zabýváme sanací budov a příčinami vzniku vlhkosti. Chtěli bychom přiblížit tuto problematiku každému, zvláště těm kteří nejsou odborníci v tomto oboru.

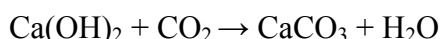
3. Všeobecné údaje

3.1. Voda kolem nás

Voda je nejdůležitější látkou na Zemi. Před mnoha stamilióny let v ní vznikl život. Voda pokrývá 70 % zemského povrchu. Odborníci zjistili, že v oceánech světa je 1 338 mil. km³ vody. Asi 24 mil. km³ sladké vody naší planety je vázáno v ledovcích. Voda v podzemí, v řekách a jezerech má objem přibližně 24,2 mil. km³. Další vodu obsahuje atmosféra. Nad celou Zemí je to asi 12 900 km³ vody, převážně ve formě vodní páry. V podobě mraků se tato voda přenáší od moře nad pevninu.

3.2. Voda a zdivo

Každé zdivo obsahuje určité množství vody. Při výstavbě potřebujeme k výrobě malty, betonů apod. vodu záměsovou. Například jeden krychlový metr cihelného zdiva bez omítky obsahuje 70 až 140 litrů vody, 1 m³ perlitobetonu 440 litrů vody. Část této vody se spotřebuje při chemických reakcích, které probíhají při zrání betonů a malty, další část pronikne do pórů a kapilár zdiva, na jejichž stěnách setrvává v tenké vrstvě jako voda fyzikálně vázaná, a zbytek vody časem vyprchá do okolní atmosféry. Uvádíme-li vodu, která se tvoří při zrání vápenné malty vlivem oxidu uhličitého obsaženého v ovzduší:



Po delší době (po několika letech) se stavební materiál vysuší do tzv. *rovnovážné vlhkosti*. Vidíme, že novostavba se bez vody neobejde. V těchto případech voda lidem slouží. Tak tomu však není pokaždé. Starším stavbám voda naopak zpravidla škodí. Vniká do zdiva různými cestami a způsobuje tak řadu problémů.

3.3. Vlhké zdivo a životní prostředí

Mnohé starší obytné budovy v našich městech a vesnicích mají vlhké zdivo. Na jeho povrchu se tvoří tmavě šedé zbarvení a vyrůstají na něm různé mikroorganismy. Na omítku působí dešťová voda i kouřové plyny z ovzduší, vytvářejí se na ní nehezke skvrny a výkvěty. Omšelé fasády a sítě narušené omítky dokumentují velký obsah vlhkosti ve zdivu a vnitřních prostorech. Účinkem vlhkosti se pozvolna rozpadávají stavební hmoty,

vlhkost je příčinou hniloby zabudovaného stavebního dříví a značně omezené tepelně-izolační vlastnosti zdiva. Obývání vlhkých místností je nezdravé a věci zde uložené podstatně rychleji chátrají. Vlhké zdivo omezuje nebo znemožňuje použitelnost průmyslových, obytných i historických objektů. Vlhké zdivo dnes patří mezi faktory zhoršující životní prostředí, stejně jako chemická agresivita ovzduší, nadměrná chemizace zemědělství apod.

Sanace vlhkého zdiva budov patří mezi závažné úkoly civilizace, protože pomáhá odstranit jeden ze škodlivých vlivů na životní prostředí.

4. Názvosloví

Hydroizolace - ochranná opatření, která zamezují vnikání vody do stavební konstrukce.

Metody klasické a mechanické - tímto pojmem rozumíme vytvoření nové hydroizolační clony ve vlhkém zdivu pro ochranu staveb vůči účinkům kapilárního vztlínání zemní vlhkosti tak, že se do zdiva vloží izolace za použití asfaltových pásů, ocelových desek, pryžových fólií z plastů, nebo vrstvy vodotěsného betonu. Do této skupiny sanačních metod lze zařadit i izolace vzduchové.

Metody chemické - jde o vytváření chemických hydroizolačních clon ve struktuře stavebních konstrukcí metodou infúze, tj. napouštěním (injektováním) zdiva chemickými prostředky beztlakovým způsobem nebo za využití hydrostatického tlaku sloupce kapaliny. Jako infúzní materiály se uplatňují roztoky a disperze různých chemických sloučenin a minerální a organické oleje s utěšňovacími a hydrofobizačními vlastnostmi. Metoda se používá pro ochranu staveb vůči účinkům kapilárního vztlínání zemní vlhkosti.

Metody elektrofyzikální - vytvoření nové hydroizolační clony ve vlhkém zdivu pro ochranu staveb vůči účinkům kapilárního vztlínání zemní vlhkosti na principu elektroosmózy nebo kompenzace elektrických nábojů.

Technický prostředek - v publikaci se jím rozumí jakýkoli technický prostředek, který přináší hydroizolační efekt, tj. nejen hmotné předměty (materiály, hydroizolační hmoty, nástroje, zařízení), ale také prvky postupů (operace, hydroizolační technologie, sanační metody).

Voda kapilární - voda v tekutém skupenství, která vztlíná z podzákladí stavebního objektu do nadpovrchové části, do odpařovací zóny přes kapiláry a otevřené póry zdiva.

Kapilární systém - disperzní (porézní, průlinčité) prostředí, diafragma, látky obsahující soustavu jemných pórů (kapilár). Z tohoto hlediska je možno také zdivo, kámen i zeminy považovat za kapilární systém.

Kapilární pohyb — kapilární vztlínavost, elevace, transport, tj. pohyb kapaliny v kapiláře a v kapilárním systému. Je výsledkem vzájemného působení povrchových napětí ve styku tří skupenství, pevného, kapalného a plynného, a proto může mít libovolný směr. U kapilární migrace jde o transport vody v kapalně fázi a o difúzi vodní páry.

Voda podpovrchová - souhrnné označení pro veškerou vodu pod zemským povrchem.

Zemní vlhkost - voda vázaná v pórovitém horninovém prostředí sorpčními a kapilárními silami.

Gravitační voda - voda v kapalném skupenství, která vlivem gravitace prosakuje nekapilárními póry horninového prostředí od povrchu území či z povrchu toků k hladině podzemní vody.

Podzemní voda — voda vyplňující póry zvodnělých hornin. Vytváří místní nebo plošně rozsáhlou, hydraulicky spojitou hladinu a působí hydrostatickým tlakem.

Atmosférická voda - voda ve všech skupenstvích v zemském ovzduší.

Srážková voda - výsledek kondenzace nebo desublimace vodních par v ovzduší nebo na povrchu území, předmětů a rostlin; rozlišují se kapalně a tuhé srážky. Na fasády objektů působí přímo nebo jako voda odstříkující po odrazu od terénu či části stavebního objektu, popř. jako voda povrchová.

Povrchová voda - voda stékající po povrchu území, odtékající v tocích i voda v nádržích.

Provozní voda - voda vyskytující se ve stavbě v souvislosti s provozem. Rozlišuje se vlhkost vnitřního vzduchu, voda kondenzovaná na vnitřních površích i uvnitř stavebních konstrukcí, voda volně stékající po površích konstrukcí a voda tlaková v bazénech a nádržích.

Kondenzovaná voda - voda v kapalném skupenství, která vzniká na površích nebo uvnitř stavebních konstrukcí v důsledku teplotních a vlhkostních vlastností stavebních konstrukcí a vnitřního i vnějšího prostředí.

Vlhkost látky (materiálu, stavební hmoty) - množství vody obsažené v pórovitém prostředí látky. Vyjadřuje se hmotnostním nebo objemovým poměrem vody k pevné fázi látky; rozlišuje se tedy poměrná hmotnost a poměrný objem vlhkosti v látce. Pokud není uvedeno

zpřesnění, termínem voda rozumíme vodu v libovolné fázi (plynné, kapalné i tuhé). Termínem vlhkost rozumíme vodu fyzikálně rozptýlenou v jiné látce.

Voda působící hydrostatickým tlakem (tlaková voda podzemní) - voda v tekutém skupenství, která proniká do stavební konstrukce pod hydrostatickým tlakem. Jde o vodu pronikající do zdiva nacházejícího se pod hladinou podzemní vody, dále o vodu gravitační, jejíž pohyb a statické účinky jsou výsledkem působení gravitace, a o vodu infiltrovanou, která vsakuje pod povrch země účinkem gravitace.

Voda z tajícího sněhu a ledu - tající sníh a led v prostorách bezprostředně souvisejících s obvodovým zdívkem stavebního objektu (římsy okapový chodník terén).

Vlhkost vzduchu - voda v plynném skupenství (vodní pára) obsažená ve vzduchu. Rozlišuje se vlhkost vnějšího a vnitřního vzduchu.

Vlhkost provozní - vzniká při využívání objektu, např. při mokřích procesech v průmyslových objektech, v koupelnách, kuchyních apod.

Vlhkost sorpční - vlhkost v konstrukcích v důsledku hygroskopických vlastností materiálů. Její obsah v konstrukcích závisí na teplotě a vlhkosti okolního prostředí.

Nasákavost - poměr hmotnosti vody, která je přijata stavební látkou ponořenou ve vodě za normálního atmosférického tlaku do ustálené hmotnosti k hmotnosti vysušené stavební látky (poměr se vyjadřuje v procentech).

Sanace - souhrnný název pro zásahy, jimiž se zlepšují, popř. odstraňují technické, zdravotní, bezpečnostní, dopravní a estetické závady životního prostředí. U historických staveb jde také o oproštění od nevhodných doplňků a přístaveb.

Sanační omítky - speciální omítky vhodné na zavlhlá zdiva. Vyznačují se velkou porózitou, nízkým součinitelem difúzního odporu, malou nasákavostí

Bludné proudy - elektrické proudy protékající zemí, pocházející z elektrických zařízení nedostatečně izolovaných nebo používajících země jako zpětného vodiče.

Koroze - rozrušení materiálu elektrochemickými, chemickými a fyzikálními procesy v důsledku vzájemné interakce materiálů a prostředí za přítomnosti vody a kyslíku.

Korozní prostředí - prostředí obsahující látky a sloučeniny, jejichž chemické složení a fyzikální vlastnosti mohou ve styku s materiály a hmotami způsobovat jejich korozi.

Půdní koroze - koroze způsobená vlivy půdy (např. zemin, vody a látek obsažených v půdě).

Atmosférická koroze - koroze způsobená vlivy ovzduší.

5. Důležité veličiny stavební fyziky

5.1. Vlhkost, nasákavost, stupeň hydrofobizace

Vlhkost je pojem pro technicko-fyzikální veličinu stavu hmoty zdiva, konstrukce, užitého prostoru z hlediska obsahu vody v jakémkoli skupenství. Určité množství vlhkosti obsahuje za daných atmosférických poměrů každá pevná látka. Množství vlhkosti je závislé na teplotě, na okolní vlhkosti vzduchu, na pórovitosti, popř. na průměru pórů a tvaru jejich stěn, na množství hygrokopických solí v zavlhlém zdivu a u obvodového zdiva na světové straně.

Vlhkost je možno začlenit do několika charakteristických kategorií.

Nejčastěji se v praxi setkáváme s tzv. *rovnovážnou vlhkostí* (viz dále). Po překročení této meze se dostává stavební konstrukce do stavu nadměrného nebo až kritické vlhkosti, jejíž setrvalý stav musí zákonitě vést k havarijnímu narušení funkce.

Nadměrnou vlhkostí zdiva tedy rozumíme vlhkost hmot a materiálů ve zdivu, která podstatně zhoršuje ochrannou funkci zdiva, v trvalém stavu vede k výskytu mikroorganismů a k výkvětům solí. Bydlení v takových prostorách je hygienicky závadné. Kritická vlhkost zdiva v trvalém stavu vede již k rozpadu povrchů i zdiva.

Vlhkost rovnovážná (sorpční). Materiály ve stavební konstrukci pohlcují (absorbují) vodní páru z ovzduší až do rovnovážného stavu. Jde o vlhkost, která se vytvořila absorpcí ve stavební látce, uložené ve vzduchu jisté teploty a vlhkosti. Například u stavebního objektu s dokonalou horizontální izolací bude vlhkost cihel 0,2 až 2%, vlhkost omítek a malt ve spárách 1 až 4,5%, vlhkost některých stavebních kamenů [(opuka [aj.])] až kolem 10 %. Tyto hodnoty představuje normami stav za dané teploty a vlhkosti. U vlhkého objektu nacházíme vlhkost zdiva vždy větší, neboť zdrojem vlhkosti není pouze absorpce ze vzduchu. Po úspěšné sanaci vlhkého zdiva nelze očekávat, že vlhkost zmenšíme pod uvedené hodnoty; zpravidla nebude uvedených hodnot dosaženo.

Vlhkost kritická není dosud stanovena normou u nás ani v zahraničí. Odborníci z úseku sanace vlhkého zdiva budov uznávají jako přípustnou vlhkost $u = 5$ až 5,5%. Při překročení této hodnoty vznikají již poruchy stavebního materiálu, v zimě vznikají škody mrazem na omítkách apod.

Nasákavost je množství vody, které pojme zkoušená stavební pórovitá látka, ponoří-li se do vody po určitou dobu. Podle nasákavosti můžeme usoudit na celkové množství tzv. otevřených pórů a na mrazuvzdornost stavební látky.

Stupeň hydrofobizace udává, kolikrát se zmenší nasákavost hydrofobizovaného materiálu proti výchozí surovině nehdrofobizované.

5.2. Chemismus vlhkého zdiva

5.2.1. Výkvětovité soli

Na stavbách, zejména vlhkých, je možno vidět různě zabarvené plochy, tzv. *výkvěty*. Mají negativní důsledek nejen z hlediska estetického, ale i z hlediska konstrukčního. Výkvěty se projevují skvrnami nebo usazeninami na stěnách v podobě prášků, šilinků, krystalů, jehliček, škráloupů, kůry a někdy v podobě jakési plísně. V podstatě jde o soli, které rozpuštěné difundují na povrch omítky a při odpaření vody vykristalizují uvedené tvary.

Výkvěty se však neobjevují jen na omítkách, ale i na cihlách, pálené krytině, azbestocementových výrobcích, na vápenocementových cihlách, škvárobetonu, betonu, a dokonce jsou známé výkvěty i na kamenivu.

Výkvěty jsou vlastně vykristalované soli, které se dostaly na povrch pohybem vody ve zdivu (viz dříve). Aby mohlo docházet k pohybům roztoků solí, je nutné, aby zdivo nebo materiál měly určitou vlhkost, která umožňuje kapilární pohyb roztoků solí směrem nahoru nebo pohybem směrem ven. často ani nelze dobře určit začátek pohybu těchto roztoků, ale vždy bezpečně zjistíme jejich konec, tzn. výkvět. Někdy se objevují výkvěty ve velkém množství

a na velkých plochách, kde se shromažďují výsledné chemické produkty. Obvykle se tvoří v místech, kde převládá odpařování nad dopravovaným množstvím. Proto pozorujeme výkvěty v zóně mezi zavlhlou a suchou omítkou.

Pro tvorbu výkvětu je disponována většina stavebních hmot. Nelze tedy říci, že by jeden nebo druhý materiál měl pro tvorbu výkvětů zvláštní předpoklady.

Rozlišujeme tyto druhy výkvětů solí:

- *výkvěty vnější* (efflorescence). Projevují se na površích stavebních konstrukcí a omítek formou vlhkostních map, barevných skvrn a usazenin solí
- *výkvěty vnitřní* (subflorescence, kryptoflorescence). Tyto výkvěty vznikají pod povrchem omítek a konstrukcí a nelze je zpravidla zřetelně pozorovat. Z hlediska rozrušování stavebních materiálů a konstrukcí jsou však mnohem nebezpečnější než výkvěty vnější.

Výkvětovité soli, pokud se objevují na povrchu omítek, jsou škodlivé tím, že narušují strukturu a pevnost omítky. Většina výkvětovitých solí je hygroskopická, tj. váže na sebe vodu, a při opakovaných pochodech dodává další vlhkost do stavební konstrukce.

Nejzápornější vliv u výkvětovitých solí (tzn. u nově vznikajících sloučenin, jsou krystalické tlaky při jejich tvorbě. Tyto tlaky jsou velmi značné a zákonitě vedou k rozrušování konstrukce. Tlaky jsou způsobeny zvětšováním objemu.

K nejškodlivějším solím, které mohou způsobit škodlivé rozrušování zdiva, patří:

- sírany
- dusičnany
- chloridy
- uhličitany

Destrukčně působí ve zdivu také vody při teplotách pod bodem mrazu. Uvádí se, že tlak zmrzlé vody v dutinách a kapilárách dosahuje až 200 MPa.

Uvažíme-li, že ve zdivu je vedle sebe nebo ve svazku množství kapilár a v každé působí při mrazu tlak, je výsledkem rozrušení zdiva. Všeobecně je známo, že led zaujímá asi o 1/10 větší objem, než je původní objem vody.

5.2.2. Kyselý déšť

Chemikálie pronikají do zdiva stavebních objektů, např. ve srážkové vodě znečištěné průmyslovými exhaláty. Ovzduší obsahuje kromě kyslíku, dusíku a vodní páry ještě řadu dalších složek. Jsou to oxidy síry a dusíku, oxid uhličitý a uhelnatý, amoniak, uhlovodíky, peroxyacetylnitráty. V některých silně průmyslových oblastech s exhalací chlorovodíkových plynů vzniká v atmosféře navíc kyselina chlorovodíková. Toto znečištění se do atmosféry dostává různými cestami. Jde o spalování fosilních paliv, průmyslové procesy v hutích a jinde. Zdrojem tisíců tun oxidu dusnatého jsou i výfuky motorových vozidel. Příčinou kyselých dešťů jsou zejména oxid siřičitý (SO_2) a oxid dusičitý (NO_2). Někteří vědci definují kyselý déšť jako srážku s hodnotou pH pod 5,6. Pracovníci VÚPS v Praze v první fázi dešťů naměřili různé hodnoty pH, zcela běžně 5, ale i 4,5. Tyto kyseliny vsakují do zeminy okolo staveb a do fasádních omítek. Zde chemicky reagují s látkami ve zdivu a vytvářejí soli nové. Nebezpečný je podíl oxidu uhličitého, který vytváří s vodou kyselinu uhličitou. Jejím působením se málo rozpustný uhličitán vápenatý mění na kyselý uhličitán vápenatý, který je mnohem rozpustnější. Ten se za dešťů z omítek a z malty ve spárách zdiva vyluhuje. Tak se ze zdiva ztrácí hlavní pojivo a zmenšuje se soudržnost zdiva.

Technicky dokonalá úprava fasádních povrchů je hlavním prostředkem proti negativnímu působení kyselého deště.

5.3. Vliv vlhkosti vzduchu

Na napjatosti a deformaci stavebních konstrukcí se ve značné míře podílejí i objemové změny, vyvolané kolísáním obsahu vlhkosti ve struktuře materiálů. K těmto procesům dochází v důsledku opakovaného vlhnutí a vysušování pórů a kapilár.

Obsah vlhkosti v porézním systému konstrukcí je závislý na strukturálních charakteristikách použitých stavebních materiálů a hmot, na množství nasáklé vody z dešťových srážek a z tajícího sněhu a na kolísání relativní vlhkosti a teploty venkovního vzduchu [17].

Při opakovaném vlhnutí a vysychání zdiva dochází zároveň k transportu solí v kapilárách. Z toho důvodu vykazují cyklické vlhkostní změny ne-reprodukovatelný vliv na objemové změny stavebního materiálu.

6. Biologické vlivy rozrušování zdiva

Biologickými vlivy rozumíme působení mikroorganismů, jako jsou mechy, lišejníky, řasy, houby, plísně, kvasinky a různé bakterie na stavební hmotu zdiva. Mikroorganismy mohou porůstat stavební hmotu nebo jí prorůstat.

Kromě destrukčních vlivů na stavební dílo mají negativní vliv i na živý organismus. Zavlhhlé zdivo a nahromadění solí na omítce poskytují vhodnou živnou půdu pro mikroorganismy. Ty na zdech vegetují, na povrchu působí chemické změny a ovlivňují prostředí ve smyslu zachování a zvětšení vlhkosti a ucpání pórů na povrchu zdiva.

Řasy vylučují organické kapaliny, které rozrušují zdivo. Asimilační činností srážejí z vody uhličitán vápenatý a ucpávají povrch zdi gelem, který dostatečně brání odpařování na povrchu zdiva tak, aby podklad zůstal pro vegetaci řas trvale vlhký.

Plísně, patří do kategorie hub, jejichž hlavní součástí je vláknité podhoubí (mycelium), kterým plísně přirůstají na substrát, z něhož čerpají živiny. Rozmnožují se rozrůstáním podhoubí a výtrusy, které jsou vymršťovány z dozrálých výtrusnic. Zárodky některých druhů jsou velmi odolné a schopné dalšího života i po tříletém uložení v suchu.

Plísně jsou vcelku nenápadným parazitem a jejich přítomnost není zpravidla příliš zjevná.

Podmínkou pro vegetaci mikroorganismů na stavebních materiálech je přítomnost látky organického charakteru. Stačí i malé stopy organických hmot uvnitř stavebního materiálu nebo na jeho povrchu (usedlý prach apod.). Některé mikroorganismy se dovedou rychle a mnohdy trvale přizpůsobit i teplotám pod 0°C, stejně jako i poměrně menší relativní vlhkosti vzduchu (až kolem 30 %). Rovněž hodnota pH vyhovuje pro jejich růst ve velmi širokých mezích od pH 2 až asi po pH 9. Z uvedeného vyplývá, že boj proti mikroorganismům není snadnou záležitostí.

V technické praxi je přesto mnohdy dostačujícím opatřením proti vegetaci mikroorganismů otlučení starých zavhlhlých, solemi prosycených a mikroorganismy napadených omítek. Tepelně-izolačními vlastnostmi chrání tato omítka zdivo proti povrchové kondenzaci vody z ovzduší a spolu s fungicidními vlastnostmi plně zabrání vegetaci mikroorganismů.

V jiných případech je možno jako sanační opatření použít vnitřně hydrofobizované omítky. Tyto omítky bez nasákavosti, a tím i bez obsahu vody nemohou být živnou půdou pro mikroorganismy.

U stavebních objektů velkého společenského významu, ale i u staveb, kde je dodržet určité zásady pro bezpečnost je nutno postupovat složitějším způsobem.

Při volbě ochrany vlhkého zdiva proti mikroorganismům se přistupuje k předběžným laboratorním i poloprovozním zkouškám. Zjistí se druh mikroorganismu a stanoví se vhodnost antimikrobiálního prostředku, určí se jeho účinná koncentrace a následně se provede poloprovozní zkouška za skutečných podmínek.

7. **Hydrofyzikální** vlastnosti základové půdy

Každý stavební objekt je v přímém kontaktu se základovou půdou a s okolní zemínou. Transport vody závisí z velké části na struktuře této zeminy. Charakteristické veličiny typických druhů zemin uvádí tab. 9. Klasifikaci zemin s označením zrn rozdělením do 24 skupin, kritéria namrzavosti a posuzování kapilární vztlakovosti obsahuje také ČSN 72 1002.

Druh transportované vody zemínou a následně zdivem závisí na nerostných látkách, s nimiž přišla voda během svého koloběhu dotyku.

Hlavní nerostné součásti podzemních vod jsou :

- Kyselé uhličitany: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Na}(\text{HCO}_3)_2$
- Sírany: CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 , FeSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Chloridy: NaCl , KCl , CaCl_2 , MgCl_2
- kyselina metakřemičitá H_2SiO_3 a hydroxid hlinitý $\text{Al}(\text{OH})_3$

Množství minerálních látek rozpuštěných ve vodě určuje její tvrdost. Jde zejména o sloučeniny vápníku a hořčíku rozpustné ve vodě. V praxi hodnotíme nejčastěji tzv. *poměrnou tvrdost*, která se udává v německých stupních tvrdosti. Voda, která má jeden stupeň tvrdosti, obsahuje 10 mg CaO v 1 l vody. Podle stupně tvrdosti rozeznáváme vody:

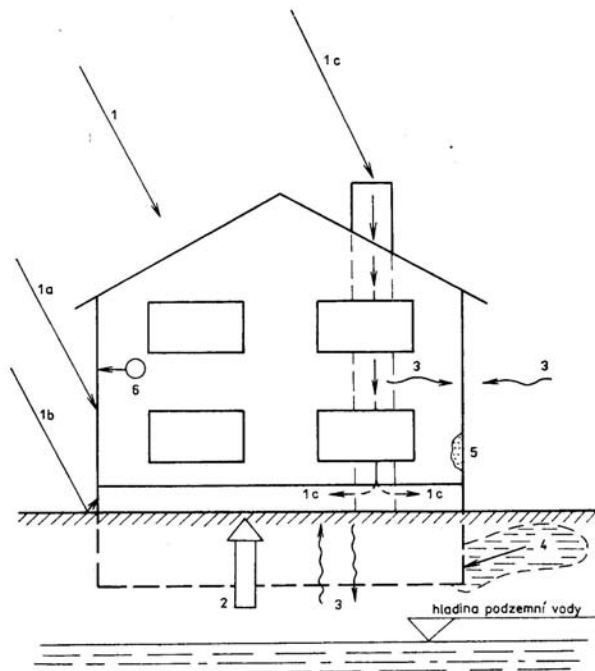
velmi měkké	-tvrdost 0-4° něm.
měkké	-tvrdost 4-8° něm.
středně tvrdé	-tvrdost 8-12° něm.
dosti tvrdé	-tvrdost 12-18° něm.
tvrdé	-tvrdost 18-25° něm.
velmi tvrdé	-tvrdost 25-50° něm.
mimořádně tvrdé	-tvrdost přes 50° něm.

Složení a tvrdost podzemních vod je závislá především na geologickém složení podzákladí. Jako příklad uvádíme sírany, které jsou přítomny ve vodách z hornin, které obsahují železný kyz (pyrit) nebo sirníky. Jejich rozkladem vzniká kyselina sírová, která rozkládá vápenec. Horniny tohoto typu jsou některé jily např. v jihočeské pánvi, v okolí Opavy, barrandienské břidlice v okolí Prahy.

Na základovou část zdiva nebezpečně působí vody, které obsahují volnou kyselinu uhličitou ve formě plynu CO_2 a jako rozpuštěnou H_2CO_3 . Vody, které obsahují více jak 5 % volného CO_2 , hodnotíme jako agresivní (útočné). Do skupiny útočných vod patří také vody měkké a velmi měkké, které vyluhují sloučeniny vápníku ve zdivu. Odvápněné malty tak ztrácejí pevnost. Podobně působí na omítky a malty ve spárách zdiva kyselé vody ze slatin a rašelinišť. Použijeme-li elektrofyzikálních metod pro potlačení vztlakové vody, je nutno věnovat pozornost hodnotě pH podzemních vod.

8. Příčiny vlhnutí zdiva starších stavebních objektů

Můžeme také hovořit o zdrojích vlhkosti nebo o mechanismech průniku vody do zdiva. Příčin vlhnutí zdiva je mnoho, protože voda se dostává do stavební konstrukce jako kapalina (ve skupenství tekutém) i jako vodní pára (ve skupenství plynném), a to mnoha různými cestami. Nejdůležitější a typické transportní cesty jsou uvedeny na Obr. 1



Obr. 1

8.1. Voda srážková (dešťová)

Vytvoření zábran proti průniku vody s označením 1 nečiní v praxi zpravidla větší technické potíže, neboť se zdolává známými klasickými prostředky, jako je dokonalé zastřešení objektu včetně klempířských prvků.

Voda s označením 1a, tj. *voda srážková hnaná větrem* na obvodové zdivo, bývá mnohdy podceňována. Je třeba mít na paměti, že za deště a větru dosahují nárazy vodních kapek značného tlaku a voda proniká do velké hloubky zdiva zejména trhlinami. Stav promáčení zdiva je kritický při prudkých změnách teploty, zejména v jarních a podzimních obdobích při poklesu teploty pod 0 °C. Voda v pórech zdiva zamrzá, vytváří tlak, a tím se zdivo porušuje.

V závislosti na nasákavosti stavebních materiálů a době trvání deště dochází k provlhčení zdiva do hloubky několika centimetrů, nebo i k zavlhčení v celé tloušťce zdiva. Dalšími faktory je vydatnost deště, rychlost a směr větru, výška nad terénem apod. Se stoupající výškou nad terénem se také zvětšuje rychlost větru, a tím i intenzita deště hnaného větrem; zavlhčení tohoto druhu je zákonitě v horních podlažích budov největší. V literatuře se uvádí, že cihelné neomítnuté zdivo o tloušťce 38 cm provlhčí plně déšť za pouhých 9 h; totéž zdivo, ale omítnuté provlhčí za 86 hodin. Z uvedeného vyplývá, veliký význam omítek, které chrání vlastní zdivo před srážkovou vodou. To však platí pouze o odborně provedených omítkách, které nevykazují trhliny. V poslední době jsou významným technickým prostředkem proti této vodě fasádní nátěrové hmoty s hydrofobními účinky. Tyto fasádní nátěrové hmoty neumožní, aby kapky vody pronikaly do omítky a obvodového zdiva. Póry zdiva zůstávají přitom otevřené a negativně neovlivňují difúzi vodních par.

O vodě srážkové odšťikující s označením 1b hovoříme v pásmu stavebního objektu, který je ve výšce 0 až 40 cm nad terénem. Jde o spodní část soklového zdiva, kde se zvětšuje namáhání působením srážkové vody hnané větrem, vody odšťikující, na podzim a na jaře vody z tajícího sněhu, při nesprávném vyspádování chodníku nebo terénu obvodového zdiva

působením srážkové vody povrchové. K tomu přistupuje namáhání chemickým posypem chodníku solemi v zimní době apod. Jde-li o sokl vystupující ze zdi, přistupují další jevy.

Srážková voda pronikající komínovými průduchy do objektu s označením 1c. Zdrojem vlhkosti v objektech bývají i komíny. V mnoha stavebních objektech bylo přebudováno lokální topení na ústřední nebo byl objekt napojen na teplárnu. Tak se stalo, že objekt s několika desítkami komínových průduchů má dnes v činnosti pouze jeden nebo dva z nich. Totéž platí o měnících, ale jen v některých případech neboť se v nich topí jen občas a to ještě jen v případě, že nemají zavedené elektrické topení. Není-li komín pravidelně používán, stéká voda za deště po stěnách komínů a hromadí se na jejich dně ve vrstvě popela a sazí. Odsud vsakuje do okolního zdiva.

Při ročních srážkách 700 mm vody naprší do komína o průřezu 20 x 20 cm za rok celkem 28 l vody, která z velké části proniká do okolního zdiva. U širokých (průlezných) komínů je toto množství ještě mnohem větší. Jde o nezanedbatelný zdroj vlhkostí, který lze odstranit zastřešením komínových tahů nástavci se stříškou nebo přestavěním komínů.

8.2. Voda kondenzovaná (kapilární)

Tato voda proniká do stavebních konstrukcí z podzákladí a ze zeminy obklopující tyto konstrukce pod úroveň terénu procesem kapilárního vztlínání.

Základová spára nemusí zasahovat pod hladinu podzemní vody. Přísun vody do základového zdiva zajišťuje často kapilarita otevřených pórů zemin, jindy zkondenzovaná voda na základovém zdivu stavebního objektu, kterou nasávají póry zdiva a transportují zdívkou vzhůru.

V praxi se setkáváme s případy, kdy je stavební objekt situován na písčitém návrší, několik desítek metrů nad hladinou spodní vody. Kapilární výška písku je přitom malá (několik desítek cm) a zdaleka nedosahuje k patě základového zdiva. Vodu dopraví do této výšky difúze vodní páry. Vodní pára pak na základovém zdivu kondenzuje a promění se zpět ve vodu, dále pak tuto vodu transportují zdívkou kapilární síly.

8.3. Voda kondenzovaná (vodní pára)

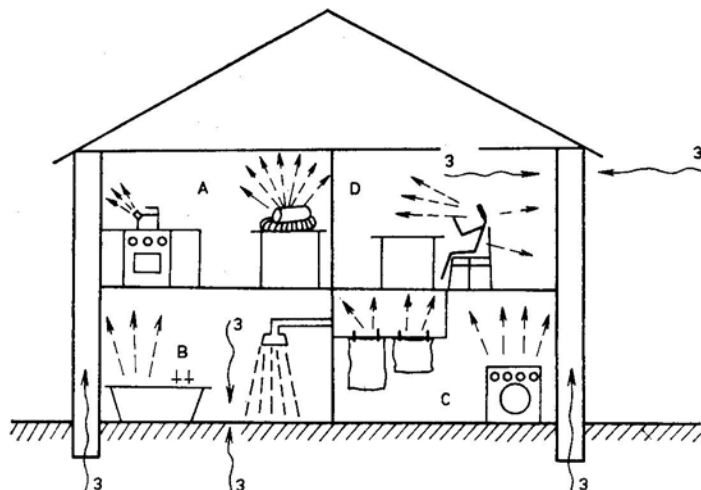
V této skupině příčin vlhnutí zdiva se setkáváme s termíny difúze vodní páry a kondenzace.

Úvodem připomeňme, že v technické praxi se nikdy nesetkáváme se suchým vzduchem. Ten obsahuje vždy určité množství vodní páry. Je-li překročen rosný bod, přechází část vodní páry do tekutého stavu. Jde o přírodní zákonitost, která platí naprosto všeobecně. V letním období se ráno při poklesu teploty tvoří např. na stvolech vegetace nebo na kamenech rosa. Jev známe též z denní praxe, kdy se na dobře vychlazeném pivu nebo limonádě perlivě vysráží kondenzovaná voda.

Totéž platí v plném rozsahu pro stavební konstrukce. Voda se sráží na chladných místech zdi, jejíž teplota je nižší, než je rosný bod páry obsažené ve vzduchu kolem zdi nebo pronikající do zdiva zeminou, základovým zdivem a přes omítky horizontálně v nadzemních podlažích.

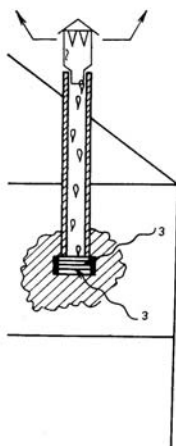
Ke kondenzaci může dojít jak pod úroveň terénu, tak i nad terénem, např. na stropě nejvyššího nadzemního podlaží.

Několik zdrojů vodní páry ve zděných domech demonstruje Obr. 2. Pára vzniká například při přípravě jídel v kuchyni v množství až asi 500 g za hodinu nebo během koupání rovněž asi 500 g za hodinu. Člověk v klidu vydýchá asi 1000 g vody za 24 hodin; u manuálně pracujícího člověka je to přes 2000 g.



Obr. 2

Dalším příkladem je kondenzace ve větracích průduších a v komínech. Ve stavební praxi se uplatňuje nešvar, kdy klempíři ukončují průduchy a komíny zastřešením vyrobeným z pozinkovaného plechu, které je pro montážní jednoduchost velmi chybně zasouváno do průduchu nebo do azbestové trubky ukončující průduch. Během roku dochází na této studené plechové konstrukci ke kondenzaci vodní páry a potom k vlhnutí zdiva (Obr. 3). Technicky vhodnějším řešením je ukončení průduchu např. azbestovým prvkem.



Obr. 3

Vlhké zdivo kolem zaústění větracího průduchu v důsledku nesprávně provedeného nadstřešního vyústění

3-vzduch s velkým obsahem vodní páry

Uvádíme další příčiny zavlhávání zdiva:

- Rozvody studené vody. Na nedostatečně **tepelně** izolovaných trubkách se sráží vlhkost z ovzduší. Následně vsakuje kondenzovaná voda do okolního stavebního materiálu a vytváří vlhké skvrny.
- Vlhká místa vlivem kapilární kondenzace. Připomeňme, že u staviv s velmi jemnými póry a s velkým specifickým povrchem dochází ke kondenzaci i před překročením rosného bodu. Jestliže se vyspravují staré zdi s částečně odpadlou omítkou tak, že vadné plochy se omítají maltou s velkým obsahem cementu, dochází k vlhnutí těchto ploch.
- Vlhká místa vlivem dutin ve zdivu. Někdy pozorujeme vlhké skvrny v takové výšce, která prakticky vylučuje, aby měly spojitost se vztlínající vodou. Zpravidla jde o podpovrchové dutiny a prostory, které podporují kondenzaci vody. Jsou to

části omítek, které se již oddělily od zdiva, zazděné prostory, násypy nad klenbami historických budov apod.

- Nedostatečné větrání suterénních místností a nepodsklepeno stavební objekty. U podsklepených částí stavebních objektů je nutno vždy zajistit dobré větrání sklepů. To je zvlášť důležité, jestliže hladina podzemní vody je v nevelké hloubce pod základy zdiva a ve sklepech budovy jsou otevřené nebo neodborně zasypané studny.

U nepodsklepených stavebních objektů nebo jejich částí je nutno respektovat skutečnost, že se v dřívějších dobách používaly vesměs dřevěné podlahy na násypech, které difúzi vodní páry kladly minimální odpor. Jestliže zamezíme úniku vodní páry na větší ploše povrchu, může dojít k podstatnému zvětšení vlhkosti zdiva. Jsou případy, kdy se stará podlaha nahradí betonovou deskou s našlápnou vrstvou z PVC, která je pro vodní páru téměř zcela nepropustná. Stává se, že i kolem obvodového zdiva se vyasfaltuje chodník a vybuduje silnice s asfaltovým kobercem, který rovněž nepropouští páru. Pro difúzi vodní páry existuje pak jediná cesta, kterou je zdivo stavebního objektu, v němž dochází ke kondenzaci. Jde o prvořadé opatření, jak vytvořit větrací prostor pod podlahou nebo větrací kanálky po obvodu zdi.

8.4. Voda působící hydrostatickým tlakem

Jde o vodu např. z kaluží či o vodu z různých dutin, která působením gravitace proniká do pórů zeminy a do pórů zdiva. V době jarního tání sněhu a jarních déle trvajících dešťů se zvyšuje hladina podzemní vody nad úroveň podlah suterénních místností. Tato voda působí hydrostatickým tlakem, proniká do těchto prostor a zaplavuje je.

8.5. Hygroskopicitě stavebního materiálu

O hygroskopicitě stavebního materiálu hovoříme nejčastěji tehdy, jestliže stavební materiál obsahuje soli s hygroskopickými vlastnostmi. Tyto soli mají tu vlastnost, že přejímají vodu z okolního vzduchu. Obsahuje-li zdivo stavebního objektu větší množství takových solí, je ovlivněna jeho rovnovážná vlhkost, která může pak dosáhnout několikanásobku rovnovážné vlhkosti stavebního materiálu bez solí.

K hlavním komunikacím, jimiž se hygroskopické (škodlivé) soli do zdiva dostávají, patří tvrdá spodní voda, která vzlíná zdivem z podzákladí, chemické látky, jež se vyluhují vodou ze stavebního materiálu, stříkající voda, déšť s obsahem oxidu uhličitého, uhelnatého, siřičitého apod.

V dnešní době často prší tzv. *kyselý déšť* a zdiva se stávají chemicky neutrálními až mírně kyselými. Kyselé prostředí vyhovuje některým mikroorganismům, jako jsou bakterie, plísně a řasy. Bakterie a plísně se usazují uvnitř zdí, řasy na povrchu. Všechny mají snahu vlhké prostředí nejen uchovat, ale i rozšířit. Výsledek je ten, že se zdivo jejich působením stává hygroskopickým a přejímá tímto mechanismem vodu z okolního vzduchu.

Do této skupiny příčin zavlhávání zdiva je možno začlenit i vlivy kapilární kondenzace. Je to např. cementová malty, která silně ovlivňuje hygroskopičnost zdiva. Schopnost zdí jímat a udržet vlhkost zvětšují i injekce cementové malty do zdiva.

K hygroskopickým materiálům patří též sádra a malířské hmoty s obsahem hlínky a kaolínu.

9. Průzkum vlhkých stavebních objektů

9.1. Všeobecné údaje

Aby bylo možno naplánovat a provést odborný sanační zásah na vlhkém stavebním objektu, je třeba nejdříve prošetřit stávající stav formou důkladného průzkumu. Tím rozumíme zjištění všech příčin zavlhávání zdiva, zjištění všech parametrů a charakteristických veličin zdiva, tzn. je třeba provést diagnostiku stavby.

Provedení těchto prací průzkumného a ověřovacího charakteru, jejich vyhodnocení a projektová příprava s dostatečným předstihem před realizační fází jsou základní podmínkou pro dobrý výsledný efekt, tj. vysušení zdiva.

Průzkumné práce je možno rozdělit do několika částí. Pro zjednodušení uvedeme tři základní části:

1. Průzkum - přípravná fáze

Jde o získání materiálů a informací potřebných pro vlastní průzkum a projektovou činnost. Jsou to stavební plány starého stavu nebo plány připravované rekonstrukce či generální opravy budovy, někdy i obojí, konzultace s generálním projektantem, s investorem a uživatelem o celkové problematice stávajícího stavu, o jejich požadavcích na sanační práce apod.

2. Průzkum - obhlídka objektu a zjištění technických údajů o budově a okolí

Jde např. o údaje o druhu a stáří zdiva, o stavu sanitních instalací, o konfiguraci terénu i vlivu okolního prostředí. Rovněž sem patří stavebněstatický průzkum zdiva při němž se zjišťuje technický stav nadzemního i základového zdiva objektu. Ten slouží pro statický výpočet určující napětí ve zdivu, a tím i úseky zdiva, u nichž je možno provádět odkop zeminy podél obvodového zdiva do hloubky. Výpočet určuje i úseky zdiva, na nichž je možno při použití chemických sanačních metod provádět v souvislé délce infúzní vrty. (Metodiku na tyto výpočty vypracoval SÚRPMO Praha v roce 1984.)

3. Průzkum - zjišťování charakteristických veličin měřením

Měření je možno rozdělit na nezbytná či základní a na měření doplňující či pomocná. Mezi základní měření, která je nutno vždy provádět, patří měření vlhkosti v hloubce zavlhlé stavební konstrukce, měření povrchové vlhkosti stěn, dále pak měření pH hodnoty výluhu na odebraných vzorcích zdiva. Mezi příležitostně prováděná měření patří zjišťování chemismu zdiva (obsah chloridů, rozbor výkvětů apod.), měření elektrických potenciálů zavlhlého zdiva, měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu, měření teploty povrchu stěn, měření elektroosmotické aktivity a směru přenosu vody, měření elektrické vodivosti zdiva a zeminy kolem objektu. Dále jde o výkopy sond podél základového zdiva objektu až do hloubky pod základovou spáru, včetně odběrů vzorků základové půdy pro laboratorní hydrogeologické rozborů a stanovení základových i hydrogeologických poměrů, měření omítek z hlediska vodovzdornosti a difúzního odporu apod.

Poznámky ke způsobu odběru vzorků zdiva

Vzorky zdiva se odebírají nejlépe v několika svislých profilech tak, aby výsledky měření poskytovaly přehled o rozložení vlhkosti jak ve svislém směru od podlahy ke stropu, tak i ve vodorovném směru porovnáním hodnot jednotlivých profilů. V praxi se osvědčilo odebrat první vzorek u podlahy, další pak ve výšce 40, 80, 120, 160 cm, popř. i výše podle zavlhčení zdiva. Poslední odběr vzorku má být již nad zónou zavlhčení. Hloubka odběru musí být u všech vzorků stejná, např. 10 nebo 15 cm, a vzorky musí být ze stejného materiálu (malta, cihla, kámen apod.). Odběr se provádí ručním troubovým sekáčem nebo příklepovou vrtačkou vrtákem s břity z tvrdého kovu. Je třeba počítat s tím, že odvrtaný materiál se zahřívá a dochází k malým změnám ve vlhkosti. Místa odběrů vzorků se zakreslí a přesně okótují ve stavebním plánu. Při transportu se vzorky zdiva uloží do nádob s těsným uzávěrem a co nejdříve se předají laboratoři, aby se v době mezi odběrem vzorků a měřením v laboratoři částečně nevysušily. Odebrané vzorky zdiva slouží zpravidla jak pro stanovení vlhkosti, tak i pro stanovení hodnoty pH a obsahů iontů solí.

Úvahy k naměřeným hodnotám vlhkosti

Z laboratoře obdržíme pro profil X hodnoty vlhkosti:

$V_{0\text{cm}}$ (u podlahy) = 17 %, $V_{40\text{cm}}$ = 14 %, $V_{80\text{cm}}$ = 9 %, $V_{120\text{cm}}$ = 4 %, $V_{160\text{cm}}$ (30 cm nad hranicí provlhčení) = 1 %. Zde jde v běžných podmínkách objektu o vodu kapilární, která vzlíná z oblasti pod podlahou místnosti. Obdobné ubývání vlhkosti směrem nahoru budou vykazovat také měření v profilech T , Z , popř. v dalších profilech.

Při zavlhčení zdiva poruchou na sanitní instalaci se bude projevovat silně zvětšená vlhkost kolem místa poruchy.

Kondenzační vlhkost se projevuje širokoplošně a v plné výšce zdiva. Dalším znakem je, že povrchová vlhkost vykazuje větší hodnoty než vlhkost v hloubce zdiva.

Při kontrolních měřeních funkce zabudované hydroizolační chemické

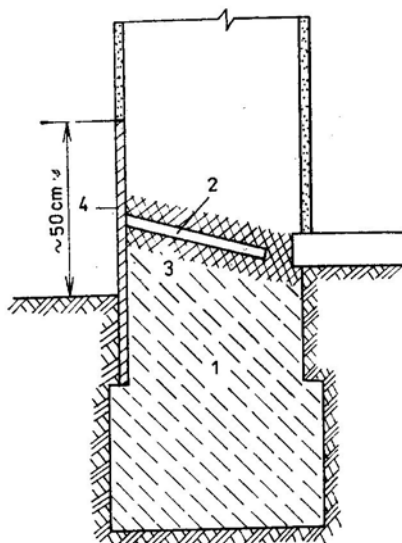
clony (za 1 rok nebo za 2 roky) naměříme např. 25 cm pod clonou původní vlhkost 15 až 18 % a 25 cm nad clonou vlhkost menší než 5 %; před sanačními pracemi byla na tomto místě vlhkost 14 %. Provedeme-li více takových měření na různých místech se stejnými výsledky, prokážeme tím jednoznačně dokonalou funkci hydroizolační clony. Elektrické odporové vlhkoměry nelze pro tento účel použít.

10. Vzlínající (kapilární) voda a technické prostředky omezující její působení

10.2. Metody chemické (injektážní)

10.2.1. Všeobecné údaje

Chemická hydroizolační clona se u těchto metod vytváří tím, že se do zavlhlého zdiva napouští látka, která proniká do pórů zdiva, kde vznikne **vodonepropustná** vrstva proti vzlínání kapilární vody (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obr. 4 Principiální schéma vytváření chemické clony ve zdivu.

- 1.- vlhké zdivo
- 2.- vrt ve zdivu
- 3.- chemická hydroizolační clona
- 4.- vodotěsná omítka

Za tím účelem se vyvrtají do zdiva otvory o průměru několika cm, zpravidla s mírným sklonem dovnitř. Hloubka vrtů je o 5 až 10 cm kratší než tloušťka zdiva. Silnější zdivo se vrtá z obou stran. Vzdálenost vrtů od sebe bývá nejčastěji 12 až 15 cm; musí odpovídat hloubce průniku injektážní látky do materiálu zdiva. Vyvrtané otvory se vyčistí od prachu a nečistot stlačeným vzduchem, naplní se injektážním preparátem a uzavřou se cementovou maltou nebo skelnou vatou. Účinek chemických metod záleží ve směrovaném ovlivnění vlastností kapilár ve zdivu využitím kapilárních zákonitostí.

Podle druhu injektážní látky rozeznáváme dva druhy metod.

Injektážní látky, používané při těchto metodách, velmi zmenšují poloměr kapilár. Ve stejném poměru se redukuje přísun vody, a tím se ovlivní rovnovážný stav, který se vytváří mezi přísunem vody a únikem vlhkosti povrchem zdiva do atmosféry. Průnik vlhkosti nově vytvořenou hydroizolační clonou se často zmenší natolik, že se stane bezvýznamným a na stavebním objektu registrujeme vysoušecí efekt. Jde např. o metodu Hydrostop, Dukol apod.

Chemické metody utěšňovací, hydrofobizační a impregnační

Jejich účinek záleží v částečném zaplnění pórů a v hydrofobizaci povrchu kapilár a pórů ve zdivu. Některé používané prostředky vykazují určitý zpevňovací efekt.

Prostředky utěšňovacího charakteru tvoří často hydrogel oxidu křemičitého, umělé pryskyřice apod.

Z tuzemských materiálů mají hydrofobizační účinek methylsilanolát sodný, Silgel, Lukofob F - 20M a M4, organokřemičité látky typu alko-xisilanů v organických rozpouštědlech apod.

Jako impregnační prostředky se používají roztoky nepolárního minerálního nebo organického oleje a vhodné látky polárního charakteru v organických rozpouštědlech.

Podle způsobu vpravování injektážních roztoků do vrtů ve zdivu rozlišujeme injektáž beztlakovou a pod tlakem, který u některých metod obnáší i více než 0,1 MPa.

Efektivnost chemických injektáží je tím větší, čím dokonaleji vytlačí v pórech obsaženou vodu.

10.2.2. Metoda TIZOL

Jde o chemickou hydroizolační metodu. Komerční označení metody TIZOL je složeno ze zkratk T-tekutá, IZOL-izolace.

Technologický postup: zeď je navrtána řadou otvorů se zešíkmením o průměru 3 až 4 cm. Vzdálenost otvorů od sebe má být 16 až 20 cm. Z vrtné moučky a prachu získaných při vrtání se před vrtu vytvoří souvislá hrázka, která umožňuje vpravení TIZOLU na plnou výšku infúzních vrtů. Žlábek se plní 3krát až 4krát beztlakovou injektáží. Proces injektáže trvá 8 až 10 hodin. Injektážní látkou nasáknou cihly i malta, a tím vznikne horizontální hydroizolační vrstva. Ve vertikálním směru se zeď napouští parafinem.

Těsnicí směs TIZOL se skládá z vodního skla a hydrofobní látky, tj. z chemikálií dostupných na našem trhu.

10.2.3. Metoda TOSIL - hydrofob

Infúzní prostředek má nealkalickou povahu a z hlediska chemické koroze stavebních materiálů je inertní. Skládá se z hydrosolu TOSIL a hydrofobizátoru, který tvoří organokřemičitá složka SILGEL HE nebo SILGEL HB a složky hydrolyzační (směs ethylalkoholu, vody a kyseliny fosforečné).

Infúzní vrtý se provádějí do hloubky až 100 mm před protější líc zdi. Průměr vrtů je 35 až 42 mm, jejich ukloň od horizontální roviny dolů je 15 až 30°. Podle druhu konstrukce, podle jejího technického stavu a stupně zvlhnutí se provádějí 4 až 7 vrtů na 1 bm zdiva. % vrtů se odstraní prach a protější strana zdi se utěsní proti unikání chemického roztoku do okolí. Je proto nutné, aby při infúzi zdiva jen z jedné strany konstrukce byla její protější líc pracovně přístupná.

Infúzní vrtý se napouštějí chemickým prostředkem tak, že preparát je do každého vrtu zaváděn ze samostatné nádoby. Hrdlo každé nádoby se napojí na polyethylenovou hadičku o vnitřním průměru 8 až 10 mm. Druhý konec hadičky je zaveden do vrtu a v jeho ústí utěsněn. Při napouštění vrtů se uplatňuje hydrostatický tlak sloupce kapaliny, a proto se nádoby s preparátem umísťují na stojan s možností změny výšky nad vrtý od 0,5 do 2 m. Napouštění zdiva nelze provádět v zimním období. Pět dní po ukončení injekce se vrtý vyplní jemnozrnnou vápeno-cementovou maltou, hydrofobizovanou ve struktuře.

Hydroizolační chemické clony se na stavebních objektech musí provádět v kombinaci s vodotěsnými izolacemi v podlahách místností a na vnějších lících obvodových zdí. Vždy je třeba dodržet zásadu, aby clony ve zdivu byly na tyto hydroizolace souvisle napojeny

Účinnost této metody se vztahuje na zvlhčení zdiva, jehož příčinou jsou převážně účinky *nepřetržitě* vztlínající zemní vlhkosti.

Před zahájením prací je nutno provést odborný průzkum, zpracovat statický výpočet, který vyčíslí napětí v rovině uvažovaných vrtů. Statický výpočet je podkladem pro rozhodnutí, zda je možno zdivo objektu vrtáním vůbec rozrušovat.

Metoda byla realizována na řadě staveb v cechách. Větší rozšíření se předpokládá v 8. pětiletce, kdy bude zahájena průmyslová výroba všech složek tohoto chemického prostředku

10.3. Metody elektrofyzikální

10.3.1. Všeobecné poznatky

Metody elektrofyzikální pracují na principu elektroosmózy. Tyto metody jsou ve srovnání s ostatními metodami náročnější na teorii a elektrická měření. Z toho důvodu bude v úvodní stati věnována těmto otázkám širší pozornost.

"Elektroosmoza, — fyzikální podstata

Elektroosmóza je známa od roku 1807, kdy ji objevil F. F. Reuss, profesor moskevské univerzity. Po zapojení stejnosměrného napětí do U-trubice s vodou, v jejímž ohbí byla vrstva práškového křemene, zjistil, že voda není v obou ramenech stejně vysoko, jak by podle zákona o spojených nádobách měla být, ale že u katody vystoupila mnohem výše než u anody.

Elektroosmóza spadá mezi fyzikálněchemické, tzv. *elektrokinetické* jevy. Jde o pohyb tekuté fáze (mineralizované vody) pórovitou pevnou fází (materiálem) pod vlivem účinku stejnosměrného elektrického proudu.

Postupně byly objeveny a popsány další tři elektrokinetické jevy, které jsou navzájem inverzní a liší se pohybem pevné a tekuté fáze:

- *Elektroforéza* (tzv. *kataforéza*) je pohyb jemných suspendovaných částic (např. jílu) rozmíchány ve vodě, jimiž prochází elektrický proud. Jeho účinkem se částice začnou soustřeďovat u jedné z elektrod.
- *Potenciál proudem* (tzv. *potenciál filtrace*) vzniká při filtraci kapaliny pórovitou hmotou, např. při vztlínání vody zdivem. V zvlhlém zdivu jde o elektrické napětí kolem 20 až 60 mV.
- *Potenciál sedimentace* (tzv. *potenciál padajících částic*) je inverzní jev kataforézy.

Elektrokinetické jevy zkoumali a teoreticky vysvětlili Illig, Schönfeid, Wiedemann, Hittorf, Perrin, Heimholtz, Lambe, Polák Smoluchovraky a česky vědec Velíšek. Z jejich závěrů, ověřených experimenty, vyplývá, že při proudění tekutiny kapilárou vzniká na styku tekutiny a kapiláry elektrická dvojvrstva, u níž je pro sanační praxi důležitý kladný potenciál zeta a kladné částice poblíž stěny kapiláry. Zapojí-li se do takové kapilární soustavy zdroj stejnosměrného proudu, pohybují se kladné náboje a spolu s nimi i molekuly vody ke katodě.

Casagrande (1952) stanovil rovnici pro průtok trubicí celkové plochy U pod účinkem elektrického spádu $\Delta V \text{ cm}^{-1}$ materiálem s elektroosmotickým součinitelem propustnosti k_e ve tvaru

$$Q = k_e U \Delta V \text{ cm}^{-1}$$

Řadou pokusů bylo zjištěno, že střední hodnota k_e pro běžná stará cihelná a kamenná zdiva a elektrický spád 1 V cm^{-1} je obvykle mezi $0,2 \cdot 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$ až 10^{-7} s^{-1} . Statický spád 1 V cm^{-1} je spád optimální.

Elektroosmotický koeficient propustnosti k_e odpovídá hydraulickému koeficientu propustnosti k , oba mají rozměr cm s^{-1} . Elektroosmotický koeficient propustnosti k_e je rychlost, kterou prosakuje voda jednotkovým průřezem daného materiálu zdiva pod vlivem elektrického spádu 1 V cm^{-1} . Vzorec pro množství Q je jen přibližný, poněvadž je odvozen za zjednodušujících předpokladů.

Užití elektroosmózy v praxi

Dlouho nebylo známo, zda se tyto jevy v technické praxi uplatní. Postupně však byly vypracovány návrhy pro využití v mnoha oborech lidské činnosti :

a) Odvodnění nepropustných půd se uplatňuje tam, kde nelze půdu běžnými metodami odvodnit, zejména půdu jílovitou. V místě odvodnění se zatluče do země ve vhodné vzdálenosti od katody několik navzájem spojených anod. Po zapojení ss proudu nastane elektroosmotický pohyb zeminou směrem ke katodě, a tak se v prostoru anod sníží hladina spodní vody a na pozemku je možno brzy pracovat, např. provádět výkopy základů staveb. Účinnost tohoto způsobu odvodňování je 20krát až 100krát větší než pomocí běžných metod.

b) Zhuštění a konsolidace zemin se používá zejména pro zpevňování půd při stavbě železničních naspů, mostů apod. Při elektroosmotickém odstranění vody z půdy nastane značný pokles jednotlivých vrstev zeminy, a to až o 10 %. Zmenší se totiž jednotlivé póry, a tím i objem celého tělesa.

c) Cebertizace má též své uplatnění. Vyžaduje-li někde situace, aby se půda odvodnila, ale povrch nesmí přitom poklesnout, musí se do pórů místo vody dostat zpevňující látka. Zavede se (opět elektroosmotický) napřed vodní sklo a pak např. chlorid vápenatý. Chemickou reakcí vznikne nerozpustná pevná látka. Metoda je nazvána podle polského profesora Cebertowicze.

d) Sanace vlhkého zdiva budov elektroosmózou byla poprvé použita Švýcarem Paulem Ernstem, který si dne 5. 12. 1935 nechal elektroosmotické vysušování zdiva patentovat. Jde konkrétně o tzv. *gadvanoosmózu*, která se v různých variantách používá dodnes. Časem se vyvinula řada různých systémů elektroosmotických metod. Rozdělení elektrofyzikálních metod pracujících na elektroosmotickém principu.

1. Pasivní elektroosmóza

Elektroosmotická instalace se skládá z elektrod zabudovaných do zavlhělého zdiva a z elektrod zemních. Elektrody ve zdivu i v zemi jsou ze stejného materiálu a navzájem jsou vodivě spojeny nakrátko. V zahraničí se obvykle používá měď, a to drát o průměru 2 až 2,8 mm nebo pásek 10 X 1 mm. XJ nás se převážně uplatňuje betonářská ocel o průměru 8 až 10 mm nebo materiál FeZn. Elektrické pole u pasivní elektroosmózy vzniká mezi železnou elektrodou, uloženou v bazickém maltovém loži (reakce $\text{pH} = 12$ až 14) a železným zemním uloženým v zemině s neutrální reakcí kolem $\text{pH} = 6$. Elektrické napětí vytvořené tímto chemickým článkem je poměrně slabé, 0,2 až výjimečně 0,5 V, a trvá do doby, než malta ve vyvrtaných otvorech zkarbonizuje. Potom činnost chemického článku •ostává. Životnost instalací je tím omezena na dobu 1 až 3 let. Navíc je instalace citlivá na cizí indukovaná napětí, která někdy mění

polaritu na elektrodách, a zařízení pro tuto dobu vlhkost zvětšuje. S ohledem na uvedené nedostatky se tato metoda dnes uplatňuje již jen zcela výjimečně.

2. Galvanoosmóza

Liší se od pasivní elektroosmózy tím, že elektrody zabudované do zavlhlého zdiva a zemní elektrody jsou vyrobeny z rozdílných elektrovedivých materiálů. Tyto dva materiály a vlhkost ve zdivu (elektrolyt) vytvářejí elektrický zdroj napětí (baterii), který vyvolává žádoucí elektroosmotický převod vody. Intenzita elektrického proudu je velmi malá, elektrody podléhají korozi, což omezuje životnost těchto instalací.

3. Aktivní elektroosmóza

Uvedené nedostatky odstraňuje aktivní elektroosmóza, u níž přídavný zdroj elektrického napětí přesně směřuje působení síly proti vztlínající vodě. Elektrické pole se může vytvořit s větším spádem, a tím může vysunování urychlit. Používají se přídavná napětí od 1 do 24 V. Přídavná napětí dodává napáječ „RAEO“ Na který jsou kladeny některé specifické požadavky.

U aktivní elektroosmózy podléhá zemní elektroda, připojená na kladný pól přídavného napětí, silnému elektrochemickému namáhání. Má-li mít instalace dlouhodobou životnost, pak nelze anodu zhotovit z libovolného materiálu.

U všech tří druhů elektroosmóz všeobecně platí, že je třeba do zdiva vložit elektrický potenciál takového znaménka a na takovém místě zdi, aby se spád (gradient) přirozeného elektrického pole ve zdivu zvětšil. Rozdíl v působení jednotlivých elektroosmóz závisí na zdroji napětí, jímž instalace elektroosmoticky ovlivňují zdivo.

Elektrochemická odolnost materiálů elektroosmotických clon

U aktivní elektroosmózy se připojí zemní elektroda na kladný pól napáječe, čímž je elektrochemicky namáhána a její životnost závisí na anodické rozpustnosti materiálu, z něhož je vyrobena.

Proces anodické rozpustnosti se řídí prvním Faradayovým zákonem

$$m = c \cdot I \cdot t \quad (\text{kg})$$

kde m je vyloučené množství látky (kg)

I - intenzita elektrického proudu (A),

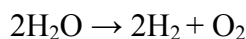
t - čas (rok),

c - elektrochemický ekvivalent ($\text{kgA}^{-1} \text{rok}^{-1}$).

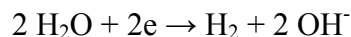
Elektrotechnická odolnost zední kladné elektrody určuje životnost i po dobu, po kterou bude zařízení uspokojivě fungovat. Funkce zařízení je velmi závislá na elektrických odporových poměrech v okruhu napáječ – zední elektroda – zdivo – zemní elektroda – zemina – napáječ. K největším změnám dochází u aktivní elektroosmózy na anodě, která se elektrochemicky rozpouští a její elektrický přechodový odpor se zvětšuje.

Instalace aktivní elektroosmózy s přídavným napětím pod a nad 1,229V

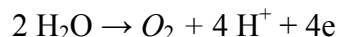
Elektroosmotického převodu vody je možno dosáhnout napětím 1V a také napětím vyšším, např. 10V. U instalací, pracujících s napětím vyšším, než je rozkladné napětí vody (1,229V) dochází kromě elektroosmotického převodu vody také částečně k elektrolytickému rozkladu vody na vodík a kyslík:



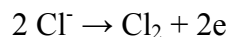
Jaké elektrodové reakce mohou probíhat při tomto přídavném elektrickém napětí? Na katodě je nejobvyklejší reakcí vylučování vodíku z molekul vody v alkalickém a neutrálním prostředí podle reakce



Na druhé elektrodě, tj. anodě, se při aktivní elektroosmóze vylučuje kyslík podle reakce



V silně mineralizovaných vodách s větším obsahem chloridových iontů může probíhat i vylučování chlóru podle reakce



Podle Faradayova zákona se rozloží 0,336 g vody množstvím elektřiny 1 Ah. U středně velké elektroosmotické instalace obnáší intenzita elektrického proudu 100 mA (0,1 A). To znamená, že za 24 h se elektrolyticky rozloží asi 0,8 g vody ($0,1 \times 24 \times 0,336$). Jde o zanedbatelné množství vody, které se takto z vlhkého zdiva odstraní.

Závažné je někdy negativní působení kyslíku a iontů solí v oblasti anody. Proto ve zdivu s velkým obsahem solí dáváme přednost instalacím s přídavným napětím pod 1,229 V, stejně jako v oblastech, kde jsou podzemní vody silně mineralizovány. Při práci s tak nízkým napětím musí být kladná i záporná elektroda aktivní elektroosmotické instalace, vyrobená z jednoho druhu materiálu, např. z uhlíku. Při kombinaci dvou elektrovedivých materiálu by ve zdivu vznikl galvanický článek. Přídavné elektrické napětí by se pak v závislosti na polaritě přičítalo nebo odečítalo od napětí vytvořeného galvanoosmotickou instalací.

Napáječ R_{AEO}

Jednou ze závěrečných montážních prací při budování aktivní elektroosmózy je připojení instalace na přídavné elektrické napětí. Zdrojem tohoto napětí je napáječ R_{AEO} s napětím od jednoho do deseti nebo i do více voltů.

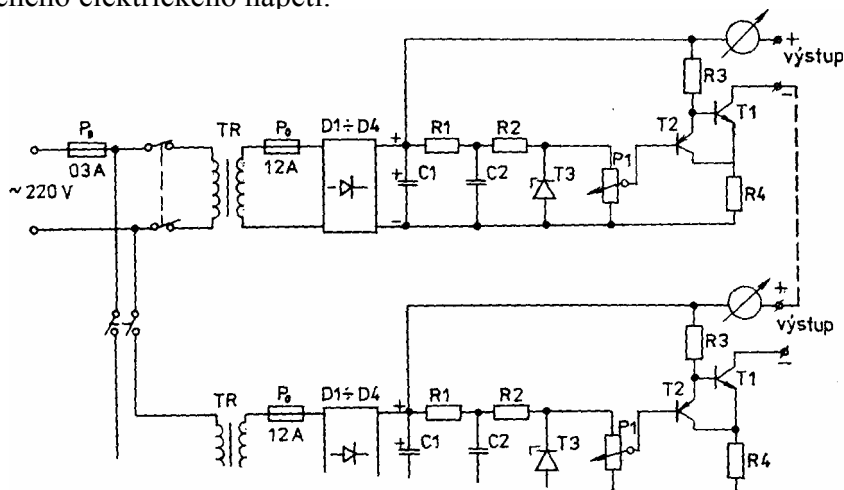
Napáječ R_{AEO} se skládá z transformátorku, který sníží napětí 220 V na malé napětí, z polovodičových usměrňovačů, ze svorkovnice a doutnavky, signalizující zapojený stav. Plus pól se zapojí na elektrodu ve zdivu a minus pól na zemní elektrodu. Elektrický proud probíhající mezi oběma elektrodami indikuje do okruhu zapojený miliampérmetr. Tento měřicí přístroj slouží technikovi prováděcí firmy pro správné nastavení elektrického proudu a uživateli objektu signalizuje bezporuchovost funkce elektroosmotického zařízení.

Napájecí zdroj je malých rozměrů, neboť potřebný výkon používaný u aktivních elektroosmotických instalací je řádově jen několik wattů.

Elektrické zapojení obdobného jednoduchého napáječe, který se používá pro napájení elektroosmotických instalací metody PU 10. Sekce *a* dodává napětí 0,9—2,1—3 V pro napájení elektrod ve zdivu. Sekci *b* lze přepojit na napětí 0,9-2,1-3-4-7 V a obvykle napájí úsek zdiva mezi zedními elektrodami a zemní elektrodou. Mnohdy vystačíme při redukci nízkého napětí na malé s tzv. *zvonkovými transformátorky*, které dodávají na sekundární straně napětí 3-5-8 V. Pokud chceme pracovat s napětím kolem 1 V, získáme je potenciometrickým rozdělením napětí 3 V.

Kromě uvedených jednoduchých napáječů je možno použít i napáječe v elektronicky řízeném provedení, které automaticky udržují hodnotu stejnosměrného proudu po zapojení a seřízení elektroosmotické instalace. Jedno schéma elektrického zapojení elektronicky řízeného napáječe R_{AEO} ukazuje Obr. 5.

Poznámka. Některé prospekty zahraničních firem velmi kladně hodnotí nabízené plně automatizované napáječe, které údajně pracují s přesností 1 %, mají 100% filtraci usměrněného proudu, vyrovnávají výkyvy zatížení v době 100 ms, jsou jistěny proti elektrickému zkratu i proti blesku, mají indikační přístroje pro měření intenzity proudu a měření napětí atd. Elektroosmotický převod vody byl zkoumán v závislosti na 100% vyhlazeném usměrněném proudu, na jednocestném i dvojcestném usměrnění proudu bez filtrace při frekvenci 50 a 200 Hz apod. Bylo zjištěno, že intenzita elektroosmotického převodu vody závisí pouze na efektivní hodnotě usměrněného elektrického napětí.



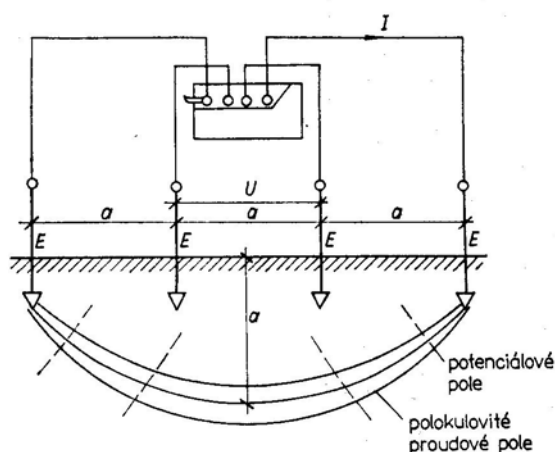
Obr. 5 – Schéma elektronicky řízeného napáječe R_{AEO}

Měření měrného elektrického odporu půdy a zdiva

V této stati jsou uvedeny praktické návody pro měření elektrických vlastností půdy a zdiva .

Vhodným přístrojem k měření je přístroj METRA, tranzistorový měřič zemních odporů PTJ 430. Umožňuje měření měrného odporu půdy čtyřvodičovou Wennerovou metodou a měří zemní přechodové odpory zemničů. Lze jej také použít k měření činných odporů a odporu elektrolytů střídavým proudem. Rozsahy měření zemního odporu jsou 10, 100 a 1 000 ohmů. Napájecím zdrojem jsou dvě ploché baterie.

Principiální zapojení čtyřsvorkového přístroje je na . Čtyři měřicí elektrody *E* se zarážejí do půdy do hloubky 15 až 20 cm, mají mezi sebou stejnou vzdálenost *a* a leží v přímém směru. Krajními elektrodami se zavede do žerň proud *I*, na středních elektrodách se měří napětí *U*. Podíl těchto hodnot odečteme přímo na stupnici přístroje. Následným vynásobením této hodnoty konstantou konfigurace (2IIa) získáme měrný odpor půdy v ohm-metrech v hloubce *a*. Při měření zdiva používáme jako elektrody hřebíky s patřičně malým rozestupem *a*.



Obr. 6–Měření měrného odporu půdy
Wernerovou metodou

Elektrická měření po zapojení elektroosmotické instalace

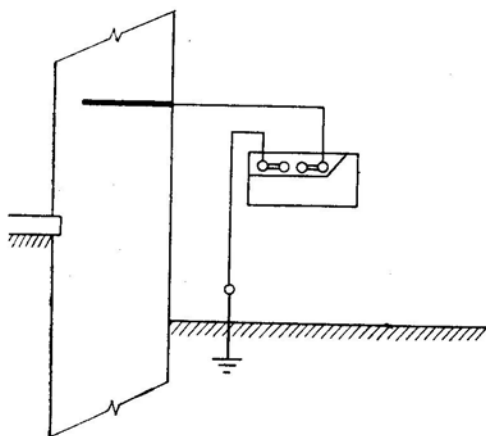
Označujeme je také jako závěrečná měření po uvedení elektroosmotické instalace do provozu.

K měření potřebujeme měřič zemních odporů a univerzální měřicí přístroj, který umožňuje měřit napětí a proud. Vhodný přístroj je výrobek METRA, malý univerzální měřicí přístroj PU 120. Má stejnosměrný napěťový rozsah 100 mV až 300 V (vnitřní odpor $20 \text{ k}\Omega \text{V}^{-1}$), proudový rozsah $50 \mu\text{A}$ až 3 A . Měří také ohmické odpory stejnosměrným proudem do hodnoty $1 \text{ M}\Omega$.

Nejčastější postup měření. Změříme přechodový odpor zemní elektrody (zemniče) tříelektrodovou metodou. Následuje měření přechodového odporu zední elektrody stejnou metodou. V další fázi změříme střídavým proudem, tj. přístrojem PU 430 nebo přístrojem NORMA v zapojení dvou-pólového ohmetru, odpor mezi elektrodou zemní a zední

Obr. 7.

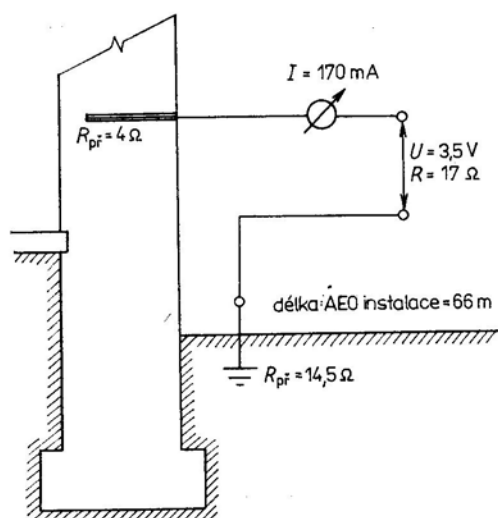
Po připojení obou elektrod na napáječ R_{AEO} se změří hodnota elektrického napětí a intenzita systémem protékajícího elektrického proudu.



Obr. 7 – Měření elektrického odporu mezi elektrodami

Veškeré naměřené hodnoty se zanesou do karty závěrečného měření, nejlépe přímo do schematického náčrtu se zapojením instalace

Obr. 8.



Obr. 8 – Záznam naměřených hodnot do karty Závěrečná měření

Poznámka. Hodnoty uvedené na

Obr. 8 byly naměřeny na stavbě v provozní praxi.

U významných akcí, v oblastech s neznámými hydrogeologickými poměry nebo jinými neobvyklými prvky provádíme po zapojení instalace navíc měření elektrického potenciálu zdiva, aby se zjistilo, zda vybuzené elektrické pole ve zdivu je vyrovnáno a elektrický spád (gradient) je dostatečně velký. Měření podá také informaci, jestli se elektrické napětí nespotřebovalo na překonání velkého přechodového odporu elektrod a jestli k vytvoření účinného spádu ve zdivu dostatečný podíl napětí již nezůstal. V takovém případě by bylo nutno zvýšit napětí napáječe. Spád vzbuzený aktivní elektroosmózou se má pohybovat nad 50 až 90 mV m⁻¹ a neměl by pod tuto hodnotu nikdy klesnout.

Malta a elektrody

Aby bylo dosaženo malých přechodových odporů mezi zedními elektrodami a zdivem, je nutno věnovat pozornost složení malty k vyplnění vrtů a pokrytí pásových elektrod. Cementovou maltu nelze doporučit.

Používá se zpravidla malta vápenná 1 : 3 s přidáním 1 % bentonitu nebo 2 % kaolínu, čímž se směs stane zásaditou a jílovitou. Elektrovodivost směsi je možno dále zvětšit přidávkou uhlíku (koksového prachu, grafitu).

Výhody elektroosmózy a podmínky pro její použití

Elektroosmóza má ve srovnání s jinými sanačními metodami řadu výhod:

- při použití pásových elektrod odpadá vrtání děr do zdiva, a tím i statické namáhání objektu (metoda PU 10, ELKINET, FEO - B),
- elektrody jsou neviditelně zabudovány pod omítkou. Nedochází k estetickému znehodnocení objektu jako u metod založených na odvětrávání kanálky,
- pomocí indikačního přístroje, zabudovaného do napáječe, má uživatel sanovaného objektu trvalou kontrolu funkce zařízení,
- do zdiva se nevnašejí cizí prvky ani se nemění jeho chemismus, jako je tomu u chemických metod, které mohou mít za následek trvalé a obtížně odstranitelné znehodnocení zdiva
- elektroosmotickou instalaci je možno snadno vypojit z činnosti, jestliže se projeví na zdivu negativně,
- v první fázi vysoušení je možno pracovat s vyšším přídavným napětím, a tím urychlit vysoušecí proces. V druhé fázi se napětí přizpůsobí poměrům ve zdivu. Opravy a seřizování působení nejsou u jiných metod prakticky možné,
- montážní práce na elektroosmotických instalacích lze poměrně snadno mechanizovat. Vykazují malou pracnost (úspora normohodin), malé materiálové náklady jsou ekonomicky výhodné.

Elektroosmóza je méně vhodná tam, kde má zdivo velký obsah solí mnoho výkvětů a spodní voda je velmi tvrdá.

Elektroosmózu běžného typu nelze použít pro vysoušení betonových konstrukcí a zdiva s chemismem $\text{pH} < 6$.

Elektroosmóza je ve srovnání s klasickými a chemickými metodami náročnější na měření a počet druhů řemeslných prací. Proto se podstatně méně uplatňuje při svépomocné sanaci rodinných domků a chalup.

10.3.2. Metoda PU 10

Elektrofyzikální metodou PU 10 označujeme novodobou racionální technologii k odstraňování vlhkosti ze zdiva stavebních objektů. Metoda vychází z moderních poznatků fyzikální chemie a stavební fyziky. Charakteristickými znaky metody je použití progresivní varianty aktivní elektroosmózy pro potlačení vztlínající vody ve zdivu, sanační omítky pro zamezení tvorby kondenzované vody a dalších technických prostředků vzhledem k potlačení zdrojů vlhkosti zdiva podle výsledků průzkumu na zavlhlém stavebním objektu.

Rozsah použití

Při aplikaci aktivní elektroosmózy (AEO) metody PU 10 s jediným zemničem je nutno respektovat skutečnost, že je účinná pro potlačení vztlínající vody u všech klasických stavebních materiálů s elektroosmotickým převodem vody od plus pólu k minus pólu. AEO nahrazuje scházející nebo defektní horizontální izolaci ve zdivu, potlačuje pohyb vody vztlínající z podzákladí do nadzemní části zdiva k zóně odpařování.

Elektroosmózou nelze působit proti tlakové vodě a nelze jí zamezit průchod vodní páry (ovládat difúzi vodní páry).

Jako technický prostředek se pro potlačení vztlínající vody u metody PU 10 používá aktivní elektroosmóza.

Elektroda ve zdivu

Kontakt ze zdivem zajišťuje pásová elektroda. Její podstata záleží ve vytvoření pásu z elektrovedivé hmoty, např. grafitové barvy, nanesené na povrch zdiva. Pás je spojen s paralelním napájecím a propojovacím vodičem, nejčastěji kabelem EOSKA.

Pásovou elektrodou se zmenšuje pracnost zřizování elektroosmotické instalace, neboť odpadá vrtání zdiva a nanesení hmoty lze provádět nátěrem nebo nástřikem. Pásová elektroda je velmi odolná proti korozi a anodickému rozpadu.

Jediná zemní elektroda

Po funkční stránce je u elektroosmotické instalace zemní systém elektrod (zjednodušeně zvaný uzemnění) stejně důležitou částí zařízení, jako jsou elektrody zabudované do zdiva. Přesto

se této části elektroosmotické instalace věnovala na stavbách a v odborné literatuře menší pozornost, než odpovídá jejímu významu.

S ohledem na některé technické nejasnosti u uzemnění elektroosmózy byla tato problematika v uplynulých letech řešena. Bylo zjištěno a prokázáno, že pro aktivní elektroosmózu je možno za určitých podmínek použít pro celý objekt jedinou zemní elektrodu. Měřením byla stanovena závislost zemního přechodového odporu na hodnotě přídavného stejnosměrného napětí, potřebný způsob seřízení systému EO apod.

Jediný zemnič se umístí na vhodném místě, které se zjistí měřením (Wennerovou metodou), nebo se určí odhadem. Instalace s jedinou zemní elektrodou poskytuje stavební praxi technické a ekonomické výhody.

Napáječ R_{AEO}

Pro napájení elektroosmotických instalací typu PU 10 se používá stejnosměrné napětí od 0,9 V do několika voltů. To dodává napáječ v jednoduchém provedení nebo napáječ elektronicky řízený (odst.10.3.1). Napájecí zdroj má malé rozměry, výkon potřebný pro napájení instalace je jen několik wattů, a proto je roční spotřeba elektrické energie hospodářsky zanedbatelná.

Technické prostředky proti vodě kondenzované

Jako technický prostředek pro potlačení tvorby vody kondenzované se u metody PU 10 používá sanační omítka OSPO 12.

Tento technický prostředek nelze hodnotit jako přídavné či okrajové opatření (německý termín Flankierende Massnahmen), protože často jde o hlavní technický prostředek pro sanaci vlhkého zdiva budov. Je tomu tak vždy, jsou-li vlhké stavební objekty vybudovány přímo na skálách (např. Malá Strana v Praze na skalním podkladu mezi Vltavou a Pražským hradem).

Jako další technické prostředky pro potlačení tvorby kondenzované vody a pro zvětšení odpařovací plochy zdiva nad terénem se uplatňuje speciální úprava soklového zdiva na venkovní straně objektu a difúzní lišty.

Technické prostředky proti vodě působící hydrostatickým tlakem

Proti průniku vody působící hydrostatickým tlakem se používá vodotěsná maltovina ALKIZ. Při průzkumu objektů se věnuje potřebná pozornost také zkoumání sorpční vlhkosti omítek a stavebních materiálů, volí se vhodný druh fasádní nátěrové hmoty, určuje se režim větrání, dimenze okapových chodníků apod.

Závěr: Je možno říci, že elektrofyzikální metoda vysušování se stala účinným pomocníkem v boji s vlhkostí stavebních objektů. Zejména při zdolávání vlhka ve zdivu památkově chráněných objektů ji nelze často ničím nahradit.

10.3.3. Galvanoosmóza

Pro snadné pochopení funkce galvanoosmózy připomeňme známou baterii z kapesní svítilny. Skládá se ze zinkové nádoby, elektrolytu (salmiak) a z uhlíku. Baterie poskytuje napětí asi 1,5 V/Elektrické články tohoto typu lze vytvořit z různých elektrovedivých materiálů.

Tuto zákonitost využívá galvanoosmóza. Elektroosmotická instalace se skládá vždy z kombinace dvou elektrovedivých materiálů.

10.3.4. Metoda LADICOM

Technicko-komerční název této sanační metody je Ladungskompensationsverfahren, zkráceně LADICOM (ve volném překladu do češtiny kompenzační metoda). Autorem této metody je profesor Dr. Habil Gerhard

Poppei z inženýrské vysoké školy ve Wiesmaru a kolektiv.

Metoda LADICOM je založena na tomto principu: Během vertikálního pohybu vody zdíve, a při jejím vypařování vzniká proces, při němž se oddělují elektrické náboje. Jeho důsledkem je vytvoření difúzního nashromáždění nositelů elektrických nábojů ve vypařovací zóně zdíva, tj. v jeho horní části nad zemí. To je jeden pól elektrického pole, který se prostírá vertikálně v zavlhlém zdívu; opačný pól tohoto elektrického pole se nachází v podzákladové části stavebního objektu. Po vložení ocelových tyčí do zdíva tyto působí jako elektrický dipól a vyřadí značný úsek zdíva od elektrických siločar. Výsledkem je zrušení elektrických nábojů vyvolaných transportem vody, tj. toho elektrického náboje, který měl určující podíl na zavlhčení zdíva. Praktická aplikace této sanační metody nečiní žádné velké potíže. V rámci průzkumných prací na vlhkém stavebním objektu je třeba proměřit elektrická pole ve vlhkém zdívu. Pak se podle příslušných výpočtů určí potřebný průměr, délka a poloha kovových dipólů ve zdi. Do zdíva větší tloušťky se vyvrtají otvory šikmo shora dolů pod určitým úhlem. Jde-li o zdívo menší tloušťky, není nutno vrtat otvory, -vyfrézují se pouze drážky. Do těchto otvorů či drážek se vloží dipóly a otvory se uzavrou maltou. Tím se údajně zmenší přísun vody do zdíva natolik, že se začne přirozeným pochodem zdívo vysušovat. Autoři tvrdí, že elektrické pole ve zdívu patří mezi tři hlavní síly, které dopravují vodu z podzákladí do zdíva, (osmotický tlak, ascendentní voda a elektrické pole). Vytvoření zóny ve zdívu bez elektrického pole stačí podle jejich názoru k účinnému potlačení zavlhčení.

10.3.5. Metoda MORAEU

Metoda pracuje na principu aktivní elektroosmózy. Elektrody mají tvar trubíc, které jsou vyrobeny z elektrovedivého betonu, tj. betonu obohaceného grafitem. Navíc se do betonu přidávají depolarizační látky za účelem zvětšení funkční spolehlivosti elektrod. Elektrody se zapravují do zdíva z jedné strany nebo střídavě z obou stran. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Při tomto uspořádání dochází v porézním prostředí k nerovnováze hydraulického režimu, která je termodynamického původu. Kolem kladné elektrody se vytváří podtlakový stav, kolem záporné elektrody přetlakový stav. Anodový podtlak vyvolává nasávání vody z okolního prostředí, a tím se zdívo vysušuje.

Vysoušení se podle potřeby urychluje tím, že se do elektrodových trubíc vhání po určitou dobu horký vzduch.

10.3.6. Metody ostatní

Existuje řada dalších metod pracujících na principu aktivní elektroosmózy, které mají tu výhodu, že jsou ve srovnání s chemickými metodami méně pracné, a tím i levnější.

Metoda MEIKRO

Tato metoda našla uplatnění v Rakousku i v několika dalších státech v Evropě. Zední elektrody jsou vyrobeny z uhlíkových tyčí, které jsou mezi sebou propojeny izolovaným vodičem. V zemi se instalují zemniče známé ze silnoprůdu. Instalace je zapojena na napáječe s napětím několika voltů.

Metoda ELK-INET

Tato metoda se uplatnila hlavně v západní Evropě. Jedná se o nový moderní elektrofyzikální systém s připojením stejnosměrného elektrického proudu. Vztlínání kapilární vody brání elektroosmóza. Při správném uložení elektrod vytvoří systém jak horizontální, tak vertikální zábranu. Systém ELK.INET má širokoplošně působící elektrodovou síť z elektrovedivé plastické hmoty o jednoduché šířce asi 290 mm nebo o dvojité šířce asi 470 mm, dále elektrody do zdi, dlouhé asi 200 mm, s profilem 6 mm, a zemní elektrody dlouhé 850 mm o průměru 28 mm.

Elektrodové sítě se po odstranění omítky upevňují na zeď ocelovými hřebíky s podložkami z plastické hmoty průměru 20 mm nebo pomocí speciální rychle tuhnoucí malty. Síť se fixuje ke zdi nástřikem cementové malty. Střední průběžný kabel se spojuje pomocí speciálních kleští. Pro ukládání elektrodových sítí platí pravidla podle tloušťky zdi, popř. podle přístupností. Například při jednostranném osazení sítí, je minimální vzdálenost mezi sítěmi

u zdiva do tloušťky 50 cm 100 mm, u zdí do 100 cm je minimální vzdálenost sítí 200 mm. Ideální je oboustranné uložení sítí při jakékoli tloušťce zdiva.

Elektrody se do zdi osazují do vzdálenosti asi 1 000 mm do vyvrtaných otvorů o průměru 8 až 10 mm a elektricky se spojují. Vedení se klade do drážek v omítce, do spár ve zdivu apod. Elektrody do zdi se používají zejména u zdiva z přírodního kamene nebo u zdí s malou vlhkostí.

Zemní elektrody se vkládají do vyvrtaných otvorů ve vlhké oblasti jako záporné elektrody. Vzdálenost zemních elektrod mezi sebou je 400 až 500 cm. Elektrody jsou mezi sebou elektricky propojeny. Používají se v kombinaci se sítěmi i s elektrodami do zdi tehdy, chceme-li dosáhnout i vysušení základů. Napáječe se dodávají ve dvou verzích: s elektronickou automatikou (NG 3) nebo v jednoduchém provedení pro přímé připojení do zásuvky 220 V.

Metoda SCOTT-SMITH

Tato metoda se uplatňuje v Anglii. V nejjednodušší formě jsou drážky pro instalaci elektrod umístěny ve vnější a vnitřní lici zdiva, přičemž vnitřní drážka je situována výše než drážka vnější. Tím je zajištěno souhlasné působení elektroosmotických sil se silami gravitačními. Elektrochemicky odolná, kladná uhlíková elektroda je uložena do vnitřní výše položené drážky. Záporná měděná elektroda je uložena ve venkovní níže položené drážce. Tato záporná elektroda je propojena s měděnými tyčovými zemniči, které jsou umístěny kolem obvodového zdiva sanovaného stavebního objektu. Elektrody v drážkách se zaomítnou elektrovodivou maltou. Napáječ aktivní elektroosmózy zároveň slouží jako kontrolní a měřicí skříň. Zabudované elektrické měřidlo indikuje trvale protékající elektrický proud.

Smyčková aktivní elektroosmóza

Jde o variantu metody PU 10. Používá se u zdiva větší tloušťky a tam, kde je ke zdivu přístup pouze z jedné strany. Vrty se provedou asi do 4/5 tloušťky zdiva. Do vrtů se zavede smyčkovým způsobem elektrický vodič - kabel. Vrty se za-injektují maltou. Zemní elektroda a napáječ jsou běžného provedení.

Tak vznikne elektrické pole v plné šíři zdiva, které vytváří elektrickou clonu proti vztlínající vlhkosti.

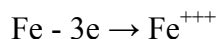
Metoda AET

Označení AET platí pro dvoufázovou sanační metodu, A je aktivní metoda, E (Entsalzung) oproštění zdiva od solí, T (Trocknung) znamená vysušení.

Metoda pracuje na principu aktivní elektroosmózy. V první fázi se vlhké zdivo oprošťuje od solí a zdivo se předsuší asi na 3 %. Tento proces trvá v závislosti na tloušťce a vlhkosti zdiva 12 až 20 týdnů. Ve druhé fázi pracuje zařízení jako aktivní elektroosmóza, tj. jako trvalá zábrana proti vztlínající (kapilární) vodě.

Solí v určité koncentraci mají negativní vliv na tzv. potenciál ZETA, který podmiňuje účinnost aktivní elektroosmózy. Z toho důvodu se u této metody funkce solí ve zdivu v první fázi eliminuje. Tím se zajistí pro druhou fázi velká účinnost elektroosmózy a také dlouhá životnost zední elektrody (anody).

U metody se jako anodový materiál uplatňuje železo a hydroxid vápníku, přičemž dochází k těmto reakcím:



Při speciální konstrukci kladných elektrod a při dostatečně vysokém anodovém napětí se u elektrod nahromadí rozpuštěné soli, které pak z prostoru anody vytékají a vyplavují se ze zdiva.

Vzdálenost odsolovacích elektrod mezi sebou je 40 až 50 cm. Hloubka zabudovaných elektrod je 20 cm.

Metodu lze uplatnit u zdiva, jehož stavební hmota má kapilární charakter. To znamená, že metodou AET je možno vytvořit dodatečně horizontální izolaci u všech obytných domů, u železničních objektů i u ostatních veřejných budov. To platí pro budovy podsklepené i nepodsklepené.

Metodu AET nelze uplatnit u betonových stavebních konstrukcí s armovacími železy a u staveb s hrázdným zdivem.

Autoři metody uvádějí, že konstrukce a zabudování elektrod umožňují životnost zařízení delší než 30 let. V technické praxi je možno využít pouze první fázi metody, tj. odsolení zdiva. Jako trvalou clonu proti vztlínající vodě je možno následně volit jakoukoli známou sanační metodu.

10.4. Metody klasické , mechanické a ostatní

10.4.1. Metody klasické

Novou izolaci je možno vkládat do spáry, která je proříznuta v maltové vrstvě pravidelně vyzděného cihelného zdiva. Ke spáře musí být z obou stran přístup, aby se mohla vložená izolace navázat na izolaci pod podlahou přilehlé místnosti apod. Spáry se prořezávají nejčastěji ruční pilou. Je možno použít též motorovou pilu. Podřezávání se provádí po úsecích, které se rozdělí tak, aby se nepodřízla najednou celá nosná část.

Jako izolační materiály se vkládají do vyříznuté spáry asfaltové pásy, méně často pásy z PVC, polyethylenových fólií a hliníkových fólií.

Poněvadž je nová izolační vrstva tenčí než vyříznutá spára, je třeba zbývající mezeru vyčistit a vyplnit cementovou maltou z písku do velikosti zrna 1 mm. Je možno doporučit přidání vodotěsných prostředků (Aikiz, Devis apod.). Vrstva malty se tak stává další izolační zábranou proti vztlínající vodě. Navíc se mezera uklínuje (keramické destičky, břidlice apod.)

Pozornost je nutno věnovat spojení jednotlivých dílů izolačních materiálů v místech, kde jsou nastavovány. Například asfaltované lepenky se spojují asi 10 cm širokým přesahem s asfaltovým nátěrem. Pouze dokonalý spoj zabrání průniku vodní páry do horní partie zdiva.

U zdiva, v němž není možno prořezávat spáru (zdivo smíšené nebo kamenné), je nutno použít technologii postupného vybourávání pásu zdiva a vezdívání izolační vrstvy. K tomu se nejčastěji používá vodonepro-pustný beton s přídavkem těsnicího prostředku. Alternativně je možno vkládat do zdiva hydroizolační pásy, fólie z plastů a pryže nebo kovové desky.

Omítky kolem nové izolace je třeba upravit tak, aby nevznikal můstek, přes který by vlhkost mohla pronikat nad izolaci. K tomu jsou vhodné např. sanační omítky.

Ke klasickým, sanačním prostředkům patří také drenáže. Například budovy na svahu, jehož horní vrstva zeminy je propustná a spodní málo propustná, bývají často zamáčeny za prudkého deště vodou povrchovou a vodou, jež k nim stéká propustnou vrstvou po vrstvě nepropustné. Před touto vodou chráníme objekt drenáží, kterou vybudujeme na svahu nad budovou co možná kolmo ke směru pohybu vody. Drenáž je nutno vyspádovat a vodu odvést do kanalizace, do příkopu apod. Místo kamenné drenáže je možno použít drenážní trubky, děrované hadice z plastických hmot apod.

U zdiva, jež je nadměrně vlhké, solemi prosycené a u něhož voda proniká z podzákladí i ze stran, se někdy uplatňuje odvětrání zdiva vytvořením větraných prostorů ve zdi vnitřní přízdívkou. Nejúčinnější je vzdušná vrstva (větrací dutina) propojená s venkovním vzduchem jedním vstupním otvorem dole a jedním výstupním otvorem (průchodem) nahoře. Přízdívka je vybudována na izolační vrstvě. Je účelné ji vyzdít na dřevěný impregnovaný trám, který zaručuje pružnost (opatření proti praskání zdiva přízdívky). Tloušťka zídky stačí na půl nebo na čtvrt cihly. Malta čtvrtcihelných zídek má být vápenocementová. Zídku je nutno izolovat na všech místech, kde se stýká s vlhkým, zdivem. Distanční cihly (vazáky) se předem ponoří přes polovinu jejich délky do asfaltu a vezdí se do kapes na cementovou maltu, nejlépe vodotěsnou, s příměsí Aikizu nebo Cevozu. Tam, kde se nepočítá s dlouhou životností budovy, je možno místo cihelné zídky použít heraklit. Přívod vzduchu do větrací vrstvy (izolační dutiny) se zajistí z vnitřní strany.

Odváděcí průduch má vyúšťovat co nejvýše. Někdy se prodlužuje nástavcem z azbestocementové trubky s ventilační hlavicí až nad střechem objektu. Otvory pro přívod i odvod vzduchu mívají rozměr 10/10 až 15/15 cm. Aby nedocházelo v izolační dutině na vnitřním lici vnější stěny ke kondenzaci, omítá se tato stěna sanační omítkou, která je hydrofobní a, má malou tepelnou vodivost.

10.4.2. Metoda Massari

Nová hydroizolační clona se vytvoří z polyesteru. Pomocí jádrového vrtáku o průměru 3,5 cm se vyvrtá ve zdivu první část pásu o šíři asi 40 cm. Výška pásu 3,5 cm je dána průměrem vrtáku. Vrtky se vyplní směsí, která se skládá z polyesterové pryskyřice, ředidla, oxidujícího katalyzátoru a z plniva (písek nebo mletý kámen). V závislosti na okolní teplotě polymeruje pryskyřice během několika hodin a vyzraje natolik, že je schopna snést zatížení zdivem. Vyvrtají se mezivrtky, které se zaplní izolační směsí a po jejím vyžrání se může práce přesunout na další úsek.

Funkčně je metoda spolehlivá. Jádrové vrtáky osazené diamanty pracují bez otřesů a vrtají díry v délce až 1,6 m. Jejich použití však není levné.

10.4.3. Metoda HW - zaražení izolačních desek do zdiva

Jde o poměrně novou metodu. Horizontální izolace se vytváří zarážením vlnitých desek z nerezavějící oceli do spáry cihelného zdiva. Jednotlivé vlnité plechy se ve spojích překrývají.

Zařízení na zarážení izolačních desek se **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** skládá z pneumatického kladiva, v němž je zasunut úderový píst s upínacím nástavcem, který za chodu zaráží izolační desku do spáry cihelného zdiva. Pneumatické kladivo je namontováno na posuvném vozíku s ovládacími prvky, pomocí nichž se kladivo nastaví do potřebné výšky, do vodorovné polohy atd. Vozík se posunuje na ocelové koleji pomocí koleček nebo na speciálním rámovém lešení, postaveném podél zdiva. Lešení s vozíkem je ukotveno na podélné příchytné tyči, která je rovnoběžná s povrchem zdiva a je k němu připevněna hmoždinkami. Izolační desky se zarážejí jedna vedle druhé s překrytím, záhybů a to od jednoho konce rámového lešení ke druhému. Potom se hmoždinky uvolní a rámové lešení se přemístí dále podél zdi přibližně o svoji délku a může se začít s prací na dalším úseku zdiva.

Izolační desky je možno zarážet do cihelného zdiva o malé tloušťce, např. od 30 do 90 cm. Izolační desky ve zdivu jsou vodonepropustné i paronepropustné. V závěrečné fázi sanačních prací je nutno proto provést opatření, aby vlhkost pod izolačními deskami nemohla pronikat nad izolační desky přes omítky. Je proto třeba v úseku této nové horizontální izolace použít na obou stranách zdiva sanační omítky nebo v soklovém úseku omítky vodotěsné.

Nevýhodou je, že metodu nelze aplikovat u staveb vybudovaných z kamenného nebo ze smíšeného zdiva. To znamená, že ji nelze uplatnit např. u staveb historických.

11. Srážková voda a technické prostředky omezující její působení

Za vlhčení zdiva srážkovou vodou a vodou z tajícího sněhu a ledu v souvislosti se stavem, s tvarem a povrchovými úpravami fasády, se zastřešením a s nejbližším okolím objektu může být eliminováno úpravou všech těchto prvků. Účinek odstříkující vody je možno zmírnit vybudováním a vhodnou úpravou okapových chodníků, odstraněním keřů a jiného porostu z bezprostředního okolí objektu, zvýšením oplechování říms a parapetu, dále pak technicky správným řešením soklů.

11.1. Střecha a odvod vody ze střechy

Vodotěsnost střechy je jednou z primárních podmínek pro zajištění bezpečí před nepohodou a deštěm. Zejména u plochých střech je nutno kontrolovat, zda voda nezatéká do podstřeší a jestli nevznikají ztráty tepelně technických vlastností zastřešení a okolního zdiva. Vlivem defektů na povrchu střech, klempířských střešních prvků, vad na okapech a dešťosvodech mohou vnikat do stavební konstrukce značná kvanta vody. Zanesou-li se okapové žlaby nečistotami, zarostou trávou nebo jinou vegetací, dochází mnohdy k jejich přetížení, mechanickému poškození, k prolomení apod. Musí být rovněž zajištěno, aby dešťosvodem transportované množství vody bylo bezpečně odvedeno od objektu kanalizačním potrubím nebo okapovým chodníkem. Pokud tomu tak není, zůstává tato srážková voda u základového zdiva, vniká snadno do pórů stavebního materiálu a vzlínávností je unášena zdívkou vzhůru.

Sanační technik po provedeném průzkumu střechy a klempířských prvků předá zjištěné závady k řešení podle ČSN příslušnému stavebnímu odborníkovi.

11.2. Okapové chodníčky – Srážková voda přivedená ke zdivu kapilárami zeminy

Pro dimenzování šířky okapového chodníčku je nutno znát radu veličin. Jde o množství srážek v ČR (v teplotní oblasti -15°C je to 660 kg m^{-2} a 1 rok), dále je důležitá úvaha, že množství vody šířené kapilárami od zdroje se vzdáleností zmenšuje; průsak má parabolický tvar. Šířka závisí na vzlínávnosti zeminy a na gravitačním průsaku (kg vody za 1rok). Průsak je např. u koloidního jílu 0 (jíl je izolační vodonepropustný materiál), u hlíny 18, u jemného písku 189, u hrubého písku 537. Šířku S okapového chodníčku ovlivňuje dále propustnost materiálu (konstrukce), z něhož je chodníček vybudován.

Součinitel propustnosti k :

asfaltový chodník	0,00	0,00
betonový chodník beze spár	0,01	0,01
betonové dlaždice v písku	50/50 cm	0,20
	30/30 cm	0,30
	25/25 cm	0,40
	20/20 cm	0,50
		0,85
dlažební kostky travník	5/5 cm	1,00

Okapové chodníčky o šířce 20 až 50 cm plní vesměs funkci pouze estetickou. Zpravidla je nutno volit šířku 1 m a více. Vhodným materiálem je beton nebo betonové dlaždice se spárami zalévanými asfaltem. Rovněž spáru mezi lící zdiva a chodníkem je nutno utěsnit, nejlépe trvale elastickým tmelem.

Účinnost okapového chodníčku někdy zlepšujeme tím, že na jeho okraji vybudujeme vydlážděný žlab s náležitým spádem, kterým srážkovou vodu rychle odvádíme od stavební konstrukce.

Dbáme toho, aby kolem obvodového zdiva objektu byl terén řádně vyspádován směrem od objektu. Jestliže toto řešení není možné a voda se trvale shromažďuje přímo v blízkosti objektů, pak je nutno celé území v okolí objektu odvodnit drenážními trubkami.

11.3. Fasádní obklady

Stavebně fyzikální požadavky na vhodnou úpravu fasády sanovaného stavebního objektu splňují novodobé fasádní obklady. Dlouhodobě odolávají povětrnostním vlivům. Dutiny mají za obklady spojení s atmosférou a umožňují volný odchod vodní páry z konstrukce.

Jde o fasádní obklady z houževnatého polyvinylchloridu a dále o lehké metalické fasády, tvořené z různě tvarovaných lamel z hliníkového plechu o délce až 1,5 m. Ke klasickým technologiím tohoto druhu patří obklady kamennými deskami. U starších stavebních objektů je nutno volit pouze způsoby se zavěšenými deskami a se vzduchovou mezerou s odvětráním mezi zdivem a deskovým obkladem.

Montážní náročnost, a tím i cena takových fasádních obkladů je značná. Používá se proto pouze v odůvodněných případech, kdy obklad plní více požadavků kladených na úpravu fasády.

12. Vlhké zdivo v příčné souvislosti s větráním a malbami

Odpařováním vody z vlhkého zdiva se ve vnitřních prostorách l zvětšuje obsah vodní páry ve vzduchu. Nadměrná vlhkost vzduchu y nežádoucí. V bytech působí škodlivě na vnitřní zařízení, na potraviny a zejména na zdraví obyvatel. Totéž platí o kancelářích, školách, obchodech, skladech a jiných provozovnách.

Vlhkost vzduchu v prostorech zmenšujeme větráním. Význam větrání obytných domů můžeme dokumentovat normativním předpisem skandinávských zemí, tj. Švédska, Norska, Finska, Dánska. Stavební předpisy v těchto zemích stanoví, aby v obytných domech byly všechny místnosti, včetně sanitárních, vybaveny systémem pro odvod vzduchu, a tím i vodní páry. K tomu slouží systémy pro přirozené větrání i pro větrání nucené (řízené). Pod tímto pojmem se rozumí odsávání předem určeného množství vzduchu z každého bytu pomocí odsávacích ventilů v kuchyni, v koupelně a na toaletě. Odsávané množství vzduchu je nahrazeno vzduchem vnějším, V budovách vybavených nuceným větráním vzniká v bytech určitý podtlak. Tím se přivádí do bytů vnější vzduch netěsnostmi ve fasádě nebo zvláštními šterbinami. Větrání obytných budov je v těchto zemích zakotveno ve stavebních normách.

V bytech se větrá otevřením oken. Toto větrání je však obtížné v přízemních bytech se zvlhlým zdivem obývaných rodinami, kde oba manželé jsou v zaměstnání a děti ve škole. Po dobu 9 až 12 hodin zůstávají okna v přízemním bytě z bezpečnostních důvodů uzavřena, tj. bez účinného větrání. To má za následek větší relativní vlhkosti vzduchu a pronikání vodní páry do suchých stropních a jiných částí stavební konstrukce nebo kondenzaci vodní páry na studených částech zdiva a na zařízení bytu. Ještě horší situace je na rekreačních chalupách, kde se nevětrání zvětšuje na pět dnů v týdnu. Je možno zjednat nápravu tak, že do oken dodatečně zabudujeme větráčky nebo odvětráme prostory přes mřížky do neužívaných komínových průduchů nebo že do okna zabudujeme ventilátor ovládaný automaticky časovým spínačem.

Význam větrání byl znám už našim předkům. Historické i jiné starší budovy mají různá větrací zařízení ve formě větracích průduchů, stropních větracích otvorů apod. Při rekonstrukcích těchto objektů je nutno chránit tato zařízení, aby nadále mohla plnit svou funkci. V praxi se však setkáváme s případy, kdy pod záminkou úspory topné energie je snaha větrací průduchy zazdít, elektrikáři usilují o využití stropních větracích otvorů pro montáž výbojkových, svítidel apod. Sanační technik musí v rámci generálních oprav objektů a sanace zvlhlého zdiva spolupracovat s hlavním projektantem a uvedeným negativním zásahům zabránit. U rekonstrukcí a oprav budov je třeba rovněž nevyhovět snaze některých stavbařů zazdít nebo vyplnit lufery zdánlivě neúčelná sklepní okna. Sklepní okna je nutno vždy ponechat a řešit tak, aby umožňovala celoroční příčné větrání.

Technické prvky určené pro zajištění prosté výměny vzduchu a klimatizace:

Výrobce aluminiových oken dodává okenní rámy, které mají v celé šíři horní části uzavíratelný větráček.

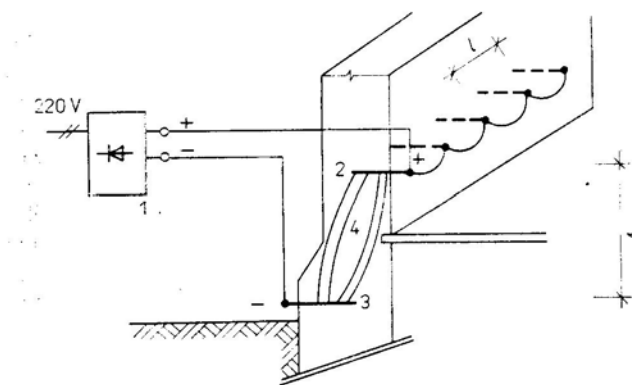
Na trhu je k dispozici řada ventilátorů, např. typ VÉNA 300 se spotřebou 75 W (220 V) a výkonem l $170 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ nebo větší typ V 465 se spotřebou 500 W (220 V) a výkonem $6 \text{ 200 m}^3 \text{ h}^{-1}$.

13. Rychlé vysoušení zdiva rozkladem vody elektrolýzou

Při sanaci vlhkého zdiva budov aktivní elektroosmózou dochází k elektroosmotickému převodu vody a ve většině zapojení k elektrolýze vody. Voda ve zdivu obsahuje vždy rozpuštěné soli, a je tedy poměrně dobrým elektrolytem. Po připojení stejnosměrného elektrického napětí (např. 3 V) na elektrody vysoušecího systému dochází k rozkladu vody. Na anodě, tj. zední elektrodě připojené na kladný pól napáječe, se vylučují elektronegativní složky (kyslík a anionty solí), na katodě, tj. želům nebo druhé zední elektrodě připojené na záporný pól napáječe, se vylučují elektropozitivní složky (vodík a kationty solí). Primární zplodiny reagují obvykle s elektrodami. Elektrolýza se řídí Faradayovými zákony. Podle Faradayova zákona se množstvím proudu 1 Ah rozloží 0,336 g vody a vzniká 0,419 l vodíku a 0,209 l kyslíku (0 °C, 760 mm Hg, v suchém stavu), neboli k výrobě 1 m³ vodíku a 0,5 m³ kyslíku je teoreticky třeba 2 390 Ah. Pro komplexnost uvedme ještě některé další elektrochemické hodnoty pro elektrolýzu vody:

- rozkladné napětí vody teoretické je 1,229 V.
- rozkladné napětí vody praktické je 1,9 až 2,6 V,
- teoretický výkon, který je potřebný k výrobě 1 m³ vodíku (při tlaku 0,1 MPa a 0°C), je 2,95 kWh. Praktický výkon je 4,5 až 6,2 kWh (střední hodnota 5,35 kWh).

Pomocí těchto údajů je možno vypočítat množství elektrické práce a rozklad daného množství vody ve zdivu.



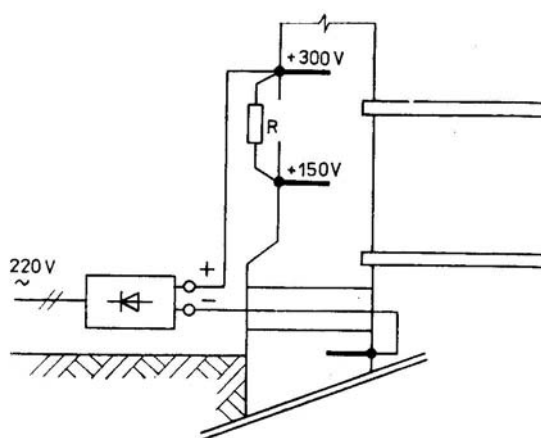
Obr. 9– Rychlé vysoušení zdiva elektrickým napětím 50V

Příklad zapojení pro rychlé vysoušení zdiva je na Obr. 9. Elektrody co vytvoření elektrického kontaktu se zdivem lze vyrobit zatlučením tesařských hřebů o délce 100 až 200 mm do zdiva. Hřeby se mezi sebou ropojí vodičem, jež k hřebům přisvorkujeme nebo přivaříme. Vzdálenost ladných i záporných elektrod mezi sebou l je 120 až 150 mm. Vzdálenost řad elektrod od sebe v je 0 až několik metrů, to znamená, že řady elektrod mohou být zainstalovány i v jedné úrovni, např. na vnitřní a vnější straně obvodového zdiva. Výhodou větší vzdálenosti řad elektrod od sebe je vysušení delšího úseku zdiva. Je však nutno pracovat s vyšším napětím 24 nebo 48 V) a rovněž spotřeba *elektrické* práce pro vysušení bude větší. Po zapojení instalace se voda rozloží na kyslík a vodík, které unikají do atmosféry. Postup vysouvání zdiva je možno kontrolovat na ampérmetru napáječe (nabíječe akumulátorů), neboť úměrně s vysouváním se zvětšuje elektrický odpor zdiva a zmenšuje se intenzita elektrického proudu procházejícího zdivem. Počáteční hodnota elektrického proudu může obnášet 40 až 80 mA bm⁻¹ vlhkého zdiva. Přesnou hodnotu nelze snadno stanovit, neboť závisí na procentu vlhkosti zdiva, na obsahu solí ve zdivu, na velikosti připojeného elektrického napětí a na řadě dalších okolností. Vysušení zdiva je možno dosáhnout obvykle do 2 až 4 týdnů. Po ukončení vysušování je nejlépe celou instalaci demontovat, neboť železné elektrody jsou silně narušeny korozí a mohly by být příčinou zabarvení omítek. Otvory po hřebech zaplníme vápennou maltou, která není hygroskopická.

Při výstavbě instalace je nutno umístit pás záporných elektrod na venkovní straně obvodového zdiva, u příček těsně nad podlahou nebo podle možnosti pod podlahou v suterénních místnostech. Důvodem je to, že po zapojení zařízení probíhá současně s elektrolýzou vody její elektroosmotický transport k zápornému pólu.

Tento způsob vysušování zdiva slouží někdy v praxi jako první fáze sanačních prací. Po tomto vysušení nebo předsušení zdiva následuje vybudování nové horizontální izolace. Rychlé vysoušení zdiva může posloužit restaurátorům před obnovou uměleckých prvků u historických stavebních objektů. Je možno vysušovat zdivo mokré po zátopách. Při této aplikaci se pracuje s rozdílem výše zatlučených kladných a záporných elektrod o několika metrech a s elektrickými napětími 260 i více voltů (Obr. 10). Použití vyššího napětí než 60 V vyžaduje však po dobu zapojení instalace stálý odborný dozor na staveništi.

Je nutno se zmínit o dosud teoreticky nedorozřešené otázce z oblasti injektáže zvlhlého zdiva. Je možno injektovat cihelné zdivo s $u = 12 \%$? Dokáže chemická injekční látka vytlačit vodu z kapilár stavebního materiálu a tyto následně vyplnit?



Obr. 10 – Zařízení pro rychlé vysoušení zdiva elektrickým napětím do 300V

Zdivo je možno předsušit též jinými způsoby. V některých zemích se pro tento účel používá horký vzduch, který se vhání do vrtů ve zdivu přes rozvod vybudovaný z pryžových hadic nebo z hadic PVC. Jiný způsob je ukládání elektrických topných tělísek, do vrtů ve zdivu, které vyhřívají a vysušují zdivo Joulovým teplem.

Oba uvedené způsoby lze v praxi realizovat, avšak technicky jsou náročnější než vysoušení zdiva rozkladem vody elektrolýzou. Při elektrolýze dochází podle tvrzení některých odborníků navíc k sekundárním efektům. Při rozkladu vody zbývající soli ucpou kapiláry v mokré zdi, a na delší dobu tak znemožňují další vztlínání vody zdivem.

V souvislosti s elektrolýzou vody si všimneme možnosti tvorby třaskavého plynu při vyrušování zvlhlého zdiva budov aktivní elektroosmózou. Z elektrochemie připomínáme, že třaskavý plyn vzniká při 4 % koncentraci vodíku se vzduchem. Pro posouzení možnosti tvorby třaskavého plynu uvádíme příklad, kdy aktivní elektroosmóza pracuje s elektrickým napětím 3 V a z 1 bm elektroosmotické clony ve zdivu prochází k negativním elektrodám elektrický proud 3 mA. Posuzovaná místnost má půdorysné rozměry 5 x 5 m a výšku 3 m.

Délka elektroosmotické clony v místnosti obnáší tedy 25 m a objem prostoru místnosti $5 \times 5 \times 3 = 75 \text{ m}^3$. Podmínkou pro vznik třaskavého plynu v místnosti je zaplnění 4% objemu prostoru vodíkem, tj. vývin 3 m^3 vodíku. Proud protékající mezi kladnou a zápornou elektrodou elektroosmotické instalace v místnosti $I = 25 \text{ m} \times 3 \text{ mA} = 75 \text{ mA} = 0,075 \text{ A}$. Za 1 h je toto množství proudu 0,075 Ah.

Množství vodíku, které se v této místnosti vytvoří za 1 h, je $0,000 03 \text{ m}^3$. Nebezpečné množství vodíku (4 %, tj. 3 m^3) se vytvoří asi za 11 let!

Ze vzduchotechniky je známo, že i v prostorách se zavřenými okny a dveřmi dochází k několikanásobné výměně vzduchu za 24 h (tzv. infiltrace). Ve velmi nepříznivém případě dojde k výměně vzduchu celého prostoru vždy asi za 9 h.

Z uvedeného je možno učinit jednoznačný závěr: Intenzita elektrického proudu, která se používá pro napájení aktivní elektroosmózy, vylučuje možnost tvorby třaskavého plynu v místnostech budov.

14. Závěr

Voda způsobuje nemalé problémy ve stavebnictví. Působí destruktivně na statiku budov, proto je nutné se touto problematikou zabývat. Sanace objektů je stále aktuálním tématem, zvláště v poslední době, kdy nás čím dál tím častěji sužují povodně.

V oblasti sanace vlhkého zdiva dosud existuje mnoho otevřených a nedořešených otázek: problémy projekční, investorské a normalizační, proto u každého vodou narušeného objektu, tedy i u železničních budov je nutno postupovat individuálně. Některé z metod jsou uvedeny v této práci. Doufáme proto, že přispěla k hlubšímu pochopení problematiky sanace vlhkého zdiva. Otázkami související se studiem sanací je však nutné se i v budoucnosti zabývat v rovině teorie, ale je nutné prosazovat její poznatky v praxi.

Použitá literatura:

- [1] LEBEDA, J.: EO vysoušení zdiva - poznatky a příklady. Bratislava, DT&SVTS 1969.
- [2] Sborník ze Sympózia E'80 Sanace zvlhlého zdiva budov elektrofyziky různými metodami. Praha, Opava, CSVTS 1980.
- [3] KOS, J.: EO metoda vysušování vlhkého zdiva. Stavební výzkum VÚPS 4/1971.
- [4] TAJOVSKÝ, V.: Izolace staveb proti vodě a vlhkosti. Praha, SNTL 1993.
- [5] LANDA, R. - KYS, K. - SLAVÍK, O.: Rekonstrukce a opravy budov. Praha, SNTL 1983.
- [6] MYSLIVEC, A.: Mechanika zemin. Inženýrské stavby, 1985,
- [7] KAMENČÁK, F.: Elektroosmóza a možnosti jejího použití v progresivní výstavbě. [Kandidátská disertační práce]. Praha, Stavební fakulta ČVUT 1995.
- [8] KETTNER, Z.: Izolace proti vodě a vlhkosti. Stavební ročenka 1978. Praha, SNTL 1978.

<http://www.vol.cz/wstop/pdf/sanace%20zdenych.pdf>

http://www.stavebni-chemie.cz/pdf/Navod_povodne.pdf

http://www.estav.cz/zpravy/povoden_16.asp#c

<http://www.baumit.cz/dotazy/pavouk/sanace.html>

http://www.tiscali.cz/mult/mult_center_020823.508801.html

<http://www.ladax.cz/ladax.php>

<http://www.gedip.cz/kema/vlhko.htm>

<http://www.sanace-staveb.cz/statika.htm>

<http://www.kasten.cz/panel/sanace/zamer.htm>

Připomínky k práci:

1. Není dodržena formální úprava dle pokynů (vzhled stránky) ani struktura práce
2. V popisu tabulek a obrázků nejsou uvedeny odkazy na informační zdroje, z nichž byly tabulky a obrázky převzaty
3. Práce obsahuje drobné překlepy
4. Typografické chyby (nadbytečné mezery, údaje typu číselná jednotka mezera jsou uváděny bez mezery, pomlčka není mezi číselnými údaji oddělena z obou stran mezerami atd.)
5. Stylistika – neobratné formulace (např. v závěru)
6. Některé použité informační zdroje nejsou očíslovány, není u všech citací dodržena norma ISO 690 pro citace informačních zdrojů

Hodnocení: nezveřejňuje se

Opravila: MS