



# DEK

# TIME

04 | 2006

ČASOPIS SPOLEČNOSTI DEKTRADE  
PRO PROJEKTANTY A ARCHITEKTY

EXPERIMENTÁLNÍ  
OVĚŘOVÁNÍ ÚČINNOSTI  
A TRVANLIVOSTI

## INJEKTÁŽNÍCH METOD

OCHRANA STAVEB  
PROTI RADONU  
Z PODLOŽÍ

NÁVRH  
PROTIRADONOVÉ  
IZOLACE

## KUTNAR AKTUALITY

PLOCHÁ STŘECHA S TĚSNĚNOU  
PLECHOVOU SKLADANOU KRYTINOU

## HORNÍ OSVĚTLENÍ HAL

# VÝROBKY Z PŘÍRODNÍHO KAMENE

DLAŽBY  
OBKLADY  
SCHODIŠTĚ  
VELKÁ DESKOVINA  
MALÁ DESKOVINA  
KUCHYŇSKÉ A KOUPELNOVÉ PRVKY  
ZAHRADNÍ ARCHITEKTURA  
NÁHROBKY



**DEKSTONE**<sup>®</sup>

[www.dekstone.cz](http://www.dekstone.cz)

NÁZEV: DEKTIME  
časopis společnosti DEKTRADE  
pro projektanty a architektky

MÍSTO VYDÁNÍ: Praha

ČÍSLO: 04/2006

DATUM VYDÁNÍ: 28. 8. 2006

MK ČR E 15898  
MK SR 3491/2005

VYDAVATEL: DEKTRADE a.s.,  
Tiskařská 10, 108 28 Praha 10  
IČO: 48589837

zdarma, neprodejné

REDAKCE:

Atelier stavebních izolací  
Tiskařská 10, 108 28 Praha 10

ŠÉFREDAKTOR:

Ing. Petr Bohuslávek  
tel.: 234 054 285  
fax: 234 054 291  
e-mail: petr.bohuslavec@dektrade.cz

ODBORNÁ KOREKTURA:

Ing. Luboš Káně

GRAFICKÁ ÚPRAVA:

Ing. arch. Viktor Černý

SAZBA:

Ing. Milan Hanuška

FOTOGRAFIE:

Ing. arch. Viktor Černý  
archív redakce

www.dektrade.cz

Názvy a loga DEKTRADE, DEKTIME, DEK TILE, MAXIDEK, DEKSLATE, WINDEK, UNIDEK, DEK THERM, FILTEK, DEK TEN, DEK FOL, DEK DREN, POLYDEK, DEK STONE, DEK METAL, DEK WOOD, DEK PERIMETER, ELASTEK, GLASTEK jsou registrované ochranné známky společnosti DEKTRADE a.s.

Pokud si nepřejete odebírat tento časopis, pokud dostáváte více výtisků, příp. pokud je vám časopis zasílán na chybnou adresu, prosíme, kontaktujte nás na výše uvedený e-mail.

Pokud se zabýváte projektováním nebo inženýringem a přejete si trvale odebírat veškerá čísla časopisu DEKTIME, registrujte se na [www.dekpartner.cz](http://www.dekpartner.cz) do programu DEKPARTNER.

## VÁŽENÍ ČTENÁŘI

Fotografie na obálce tohoto čísla upozorňuje na článek Ing. Viktora Zwienera, PhD. o experimentálním ověřování účinnosti a trvanlivosti injektážních metod pro ochranu zděných konstrukcí proti vztlínající vlhkosti. Článek dokumentuje dlouhodobý výzkum, jehož některé závěry jsou poměrně překvapivé. Jedním z cílů práce bylo také vyvinout vhodnou metodu pro zkoušení injektážních metod. Návrh takové metody vyplývá z detailního popisu výzkumu v textu článku.

Doc. Ing. Zdeněk Kutnar, CSc. otevírá svou úvahou nad konstrukcí ploché střechy se skládanou těsněnou plechovou krytinou sérií článků o aktuálních případech řešených v současné době v expertní a znalecké kanceláři KUTNAR.

Ve třetím článku poskytujeme studii navrhování horního osvětlení. Požadavky na splnění činitele denní osvětlenosti v případě horního osvětlení komplikují splnění požadavků na maximální denní vzestup teploty v místnosti v letním období. Studii zpracoval Ing. Pavel Štajnrt.

V roce 2006 prošla revizí norma ČSN 73 0601 *Ochrana staveb proti radonu z podloží*. Novinky ve svém článku shrnuje Ing. Lubomír Odehnal. Naleznete zde i pomůcku pro rychlý návrh izolace proti radonu z materiálů ze sortimentu společnosti DEKTRADE.

Petr Bohuslávek  
šéfredaktor

## VÁŽENÍ ZÁKAZNÍCI.

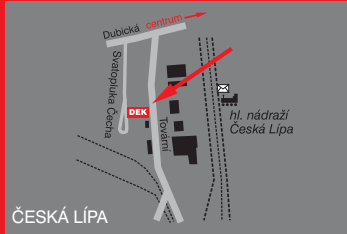
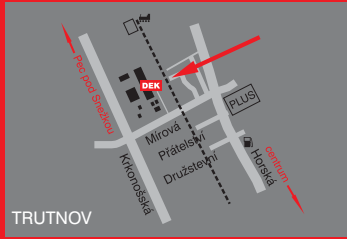
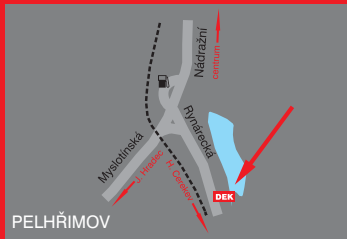
V rámci zkvalitňování servisu zákazníkům a partnerům otevřela společnost DEKTRADE v průběhu měsíců července a srpna čtyři nové pobočky :

### PRAHA KUNRATICE

Vídeňská 100, Praha 4,  
**PELHŘÍMOV** – Rynářská 1756,  
**TRUTNOV** – Mírová 649,  
**ČESKÁ LÍPA** – Tovární ulice.

Na všech nových pobočkách naleznete stejně úplný sortiment kvalitních materiálů pro STŘECHY, FASÁDY a IZOLACE jako ve zbytku naší prodejní sítě. Doufáme, že Vás osloví i profesionální přístup našich zaměstnanců, vlastní doprava a technická podpora k produktům přímo v regionu prostřednictvím pracovníka Atelieru stavebních izolací. Jsme přesvědčeni, že otevřením těchto poboček dojde k dalšímu zkvalitnění našeho servisu a k prohloubení vzájemné spokojenosti a spolupráce. Těšíme se na Vaši návštěvu.

Váš  
DEKTRADE a.s.



# EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘOVÁNÍ ÚČINNOSTI A TRVANLIVOSTI INJEKTÁŽNÍCH METOD PRO OCHRANU ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ PROTI VZLÍNAJÍCÍ VLHKOSTI

Uvedené poznání plyne z disertační práce, kterou zpracoval Ing. Viktor Zwiener na Fakultě stavební ČVUT v Praze pod vedením Doc. Ing. Jaroslava Výborného, CSc. a Prof. Ing. Richarda Wasserbauera, DrSc.

PŘESTOŽE SE INJEKTÁŽNÍ METODY POUŽÍVAJÍ JIŽ NĚKOLIK DESETILÉTÍ, EXISTUJE PRO NĚ V SOUČASNÉ DOBĚ POUZE JEDEN OBECNÝ PŘEDPIS – SMĚRNICE WTA 4-4-96. Z ROKU 1982 POCHÁZÍ PRVNÍ NÁVRH ČSN UPRAVUJÍCÍ TUTO PROBLEMATIKU. NORMA VŠAK NIKDY NENABYLA PLATNOSTI. OBA PŘEDPISY SE ZABÝVAJÍ SPÍŠE VLASTNÍM PROVÁDĚNÍM INJEKTÁŽNÍCH METOD NEŽ JEJICH ZKOUŠENÍM. V REVIZI SMĚRNICE WTA 4-4-96 OZNAČENÉ WTA 4-4-03/D, KTERÁ PŮVODNÍ SMĚRNICI NAHRAZUJE, JE JIŽ NOVĚ POPSÁN A ZKUŠEBNÍ METODIKA PRO INJEKTÁŽNÍ METODY. PRŮKAZNOST TĚTO ZKOUŠKY SE VŠAK V SOUČASNÉ DOBĚ TEPRVE OVĚŘUJE.

Absence zkušebních předpisů neznamená, že se injektážní metody nezkouší. Zkoušky obvykle probíhají formou laboratorních experimentů. Experimenty se zaměřují na účinnost a hloubku proinjektování při daných okrajových podmínkách. V textech a publikacích se zaměřením na sanační metody se někdy zmiňuje možná biologická odbouratelnost injektážních roztoků. Toto tvrzení patrně vychází z praktických zkušeností autorů, které však nejsou nikde publikovány. Rovněž nelze nalézt laboratorní experimentální hodnocení této problematiky. Z těchto důvodů byl proveden výzkum, jehož průběh shrnujeme v následujícím textu. Nejdůležitější závěry z výzkumu naleznete na konci článku. S ohledem na současný stav poznání, založeném především na uvedeném výzkumu, nezařazuje Atelier stavebních izolací injektáže stavebních konstrukcí do svých řešení.

## VÝBĚR INJEKTÁŽNÍCH ROZTOKŮ A BIOCIDNÍCH PROSTŘEDKŮ

Experimenty a zkoušky byly prováděny se třemi injektážními metodami (roztoky) označenými v článku jako roztok AA, BB a CC. Roztoky byly vybrány tak, aby podchycovaly široké spektrum jednoho základního principu působení, kterým je zúžení pórů a hydrofobizace jejich stěn (viz samostatný sloupek). Žádný z roztoků nevyplňuje póry, všechny jsou hydrofobní a mají pronikat do pórů v kapalném skupenství, přičemž technologie aplikace je u každého jiná. Roztok AA se před aplikací mísí se dvou základních složek, poté se aplikuje beztlakovou injektáží. Roztok BB se rovněž aplikuje beztlakově, ale ve zmraženém stavu a je pouze jednosložkový. Roztok CC je jednosložkový, ale aplikuje se tlakově.

Pro experimenty s ochrannou roztoků proti mikroorganismům byly použity 3 biocidní přípravky společnosti THOR: ACTICIDE SR1056, ACTICIDE FI(N) a ACTICIDE SR5298/1. Použití biocidních přípravků pouze společnosti THOR vychází z jejich

## PODSTATA INJEKTÁŽNÍCH CHEMICKÝCH METOD

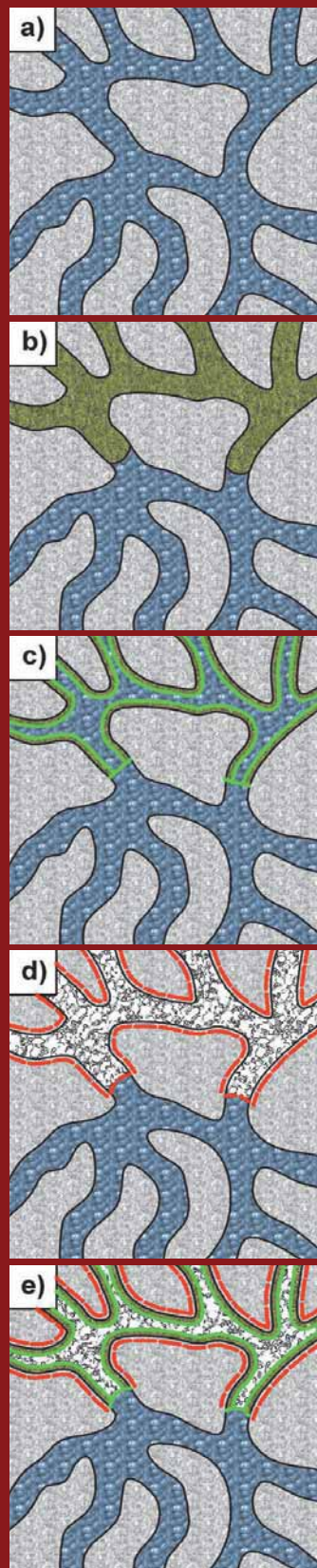
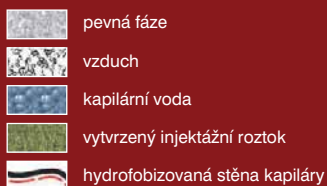
Podstatou injektážních metod je vytvoření hydroizolační clony chemickou látkou, která se napouští do předem vyvrtaných otvorů ve vlhké zděné konstrukci. Injektážní roztok ve vrtech reaguje, např. vytvrdne, zgelovatí, hydrofobizuje stěny pórů apod., čímž se vytvoří hydroizolační clona.

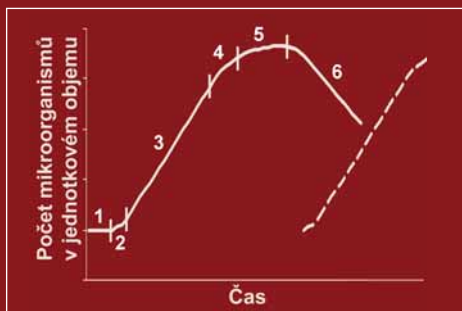
## ZÁKLADNÍ SLOŽKY INJEKTÁŽNÍCH MATERIÁLŮ

V současné době se nejčastěji používají injektážní roztoky, jejichž základ tvoří silikony a organokřemičitany (silanoláty, silany, mikroemulze silikonových pryskyřic), alkalické a nealkalické vodní sklo, polyuretany, roztoky přírodních pryskyřic (kaučuky), vysychavé a nevysychavé oleje, roztoky asfaltů v organických rozpouštědlech, parafíny a silikátové nebo alumosilikátové krystalizační roztoky. Základní principy působení injektážních roztoků jsou na obr. /01/.

### 01| PRINCIPY PŮSOBENÍ INJEKTÁŽNÍCH ROZTOKŮ

- Materiál bez injektážního roztoku – póry jsou zaplněny vodou;
- Utěsnění pórů – injektážní roztok penetruje do pórů zdiva, které má po chemické reakci a ztuhnutí do nerozpustného stavu zcela vyplnit;
- Zúžení pórů – injektážní roztok penetruje do pórů zdiva, které má po chemické reakci a ztuhnutí zúžit;
- Hydrofobizace stěn pórů – injektážní roztok penetruje do pórů zdiva, jejichž stěny hydrofobizuje a tím má snížit nebo zcela zamezit kapilární vztlakovost;
- Hydrofobizace a zúžení – kombinace c) a d).





## 02| RŮST MIKROBIÁLNÍ POPULACE ZA OPTIMÁLNÍCH PODMÍNEK

- 1 PŘÍPRAVNÁ FÁZE, buňky se nerozmnožují, ale zvětšují svůj objem, dochází u nich k aktivaci enzymového systému; délka fáze závisí na druhu mikroorganismu, stavu buněk a složení růstového média.
- 2 FÁZE ZRYCHLENÉHO RŮSTU je období, kdy všechny reakce dosahují mezích konstantních rychlostí a přecházejí do ustáleného stavu.
- 3 EXPONENCIÁLNÍ FÁZE začíná tehdy, kdy rychlost růstu dosahuje konstantní hodnoty, buňky mají nejkratší generační dobu.
- 4 FÁZE ZPOMALUJÍCÍHO RŮSTU je způsobena postupným vyčerpáním živin a hromaděním toxických metabolitů.
- 5 při STACIONÁRNÍ FÁZI se zastavuje přírůstek živých buněk, dochází k pomalému rozmnožování, které je kompenzováno odumíráním buněk.
- 6 FÁZE POSTUPNÉHO ODUMÍRÁNÍ při které se buňky již nerozmnožují, pouze odumírají, dochází k postupnému snižování počtu buněk.

## MIKROORGANISMY A MECHANISMY JEJICH PŮSOBNÍ

Z řady mikroorganismů se lze ve stavebnictví setkat převážně s bakteriemi, plísněmi a řasami. Podle /2/ jsou z hlediska získávání energie a nároků na vlhkost pro injektační roztoky nebezpečné bakterie a plísně. Proto jsou v textu pod pojmem „mikroorganismus“ uvažovány pouze bakterie nebo plísně.

### RŮST A MNOŽENÍ MIKROORGANISMŮ

Za optimálních podmínek se mikroorganismy rozmnožují velkou rychlostí a počet buněk se zdvojnásobuje v pravidelných intervalech. V určitém objemu živného média neprobíhá růst stále exponenčně, ale zpomaluje se v důsledku spotřeby živin nebo tvorby produktů metabolismu. Růst probíhá v několika fázích, viz obr. /02/.

Růst a množení mikroorganismů je do značné míry závislé na podmínkách vnějšího prostředí, ve kterém musí být nejen dostatečný zdroj živin a energie, ale musí být splněny i optimální fyzikální, chemické a biologické podmínky. Nepříznivé vlivy prostředí se v praxi projevují selekcí odolnějších druhů. Z literatury (např. /2/, /6/) jsou známé případy růstu v několika „vlách“, kdy po odumření jedné mikrobiální populace začne růst jiná, viz čárkovanou křivku na obr. /02/.

### TEPLOTA

Teplota ovlivňuje intenzitu téměř všech životních projevů mikroorganismů. Zvyšování teploty vede k urychlení metabolických reakcí, při snižování teploty postupně klesá i rychlost

rozmnožování až k úplnému zastavení růstu. Teplotní rozmezí, v němž mikroorganismus roste, aniž by byl poškozen, je dán třemi základními teplotami, jejichž hodnoty závisí na druhu mikroorganismu:

- Minimální teplota: Nejnižší teplota, při které se sledovaný mikroorganismus rozmnožuje ještě zjistitelnou rychlostí;
- Optimální teplota: Mikroorganismus se rozmnožuje nejvyšší rychlostí (obvykle o cca 30 °C vyšší než minimální teplota);
- Maximální teplota: Nejvyšší teplota, při níž je mikroorganismus ještě schopen se rozmnožovat (obvykle o 5 °C až 10 °C vyšší než optimální teplota).

Optimální teplota růstu mikroorganismů, které patří do druhé skupiny, je pro bakterie cca (25 – 28) °C a plísně cca 30 °C (oboje při výskytu ve stavebních konstrukcích).

### pH PROSTŘEDÍ

Růst mikroorganismů je značně citlivý na koncentraci H<sup>+</sup> iontů v prostředí. Většina bakterií nejlépe roste při pH neutrálním nebo mírně alkalickém. Optimální pH pro růst plísni se pohybuje kolem neutrálního bodu, obvykle 5 až 6 (7).

### VODA

Voda představuje 80 % až 90 % hmotnosti buňky. Ve vodném prostředí probíhají veškeré reakce v buňce. Dostatečné množství vody musí být i ve vnějším prostředí, aby buňka neztratila vnitrobuněčnou vodu.

VLIV MIKROORGANISMŮ NA KAPILÁRNĚ PORÉZNÍ PROSTŘEDÍ Podle /7/ mohou mikroorganismy

na stavebním materiálu (kde vytváří biofilm) významně ovlivnit jeho kapilární vlastnosti. Na jedné straně mohou mikroorganismy využívat jako zdroj živin i injektační roztoky, na straně druhé mikroorganismy produkují toxické metabolity, které se hromadí v pórech a kapilárách. V obou případech může dojít jak ke zvýšení, tak také ke snížení kapilárních vlastností materiálu, vždy ale pouze na přechodnou dobu, neboť metabolity podléhají také degradačním procesům.

### OMEZOVÁNÍ RŮSTU MIKROORGANISMŮ

Růst mikroorganismů lze omezit změnou okolních podmínek, tedy změnou optimální teploty růstu, změnou pH, omezením přístupu vody, zářením apod. Poměrně velkou účinností má rovněž použití tzv. antimikrobiálních látek, které mají na mikroorganismy nepříznivý vliv díky svému složení. Tyto látky se dělí na mikrobistatické (zastavují rozmnožování) a mikrobicidní (usmrcují mikroorganismy). Ve velmi nízkých koncentracích má ale většina antimikrobiálních látek naopak účinek stimulační. Příklady antimikrobiálních látek jsou antibiotika, antimetabolity, silná oxidační a redukční činidla, formaldehyd, tensidy, alkylační činidla a další. Pro desinfekci a konzervaci se používají látky souhrnně označované jako biocidy. Biocidy jsou látky, které působí na řadu kritických míst buňky (narozdí od antibiotik, které zasahují pouze jedno kritické místo). Pro mikroorganismy jsou typické velké rozdíly v citlivosti vůči biocidům. Zatímco jedna skupina mikroorganismů neodolává již nepatrným dávkám, druhá skupina může odolávat i velmi vysokým koncentracím.

poměrně dobré účinnosti, která byla průběžně ověřena /18/. Biocidy byly voleny s ohledem na jejich deklarované použití (baktericid nebo fungicid), optimální pH a aplikační koncentraci, která se pohybuje od 0,05 % do 1,50 %, přičemž při experimentech byla vždy použita výrobcem doporučená maximální koncentrace pro daný biocid.

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### OZNAČENÍ VZORKŮ A TĚLES V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

Pro snadnou identifikaci jednotlivých injektážních roztoků, případně vzorků, sad nebo zkušebních těles ošetřených příslušným injektážním roztokem a vzorků, sad nebo zkušebních těles bez roztoku byly jednotlivým injektážním roztokům přiřazeny zkratky a barevná označení, viz tabulka /01/.

### PODSTATA PROVEDENÝCH ZKOUŠEK A EXPERIMENTŮ

#### Vliv injektáže na pevnost v tlaku a rozložení pórů vápenné malty

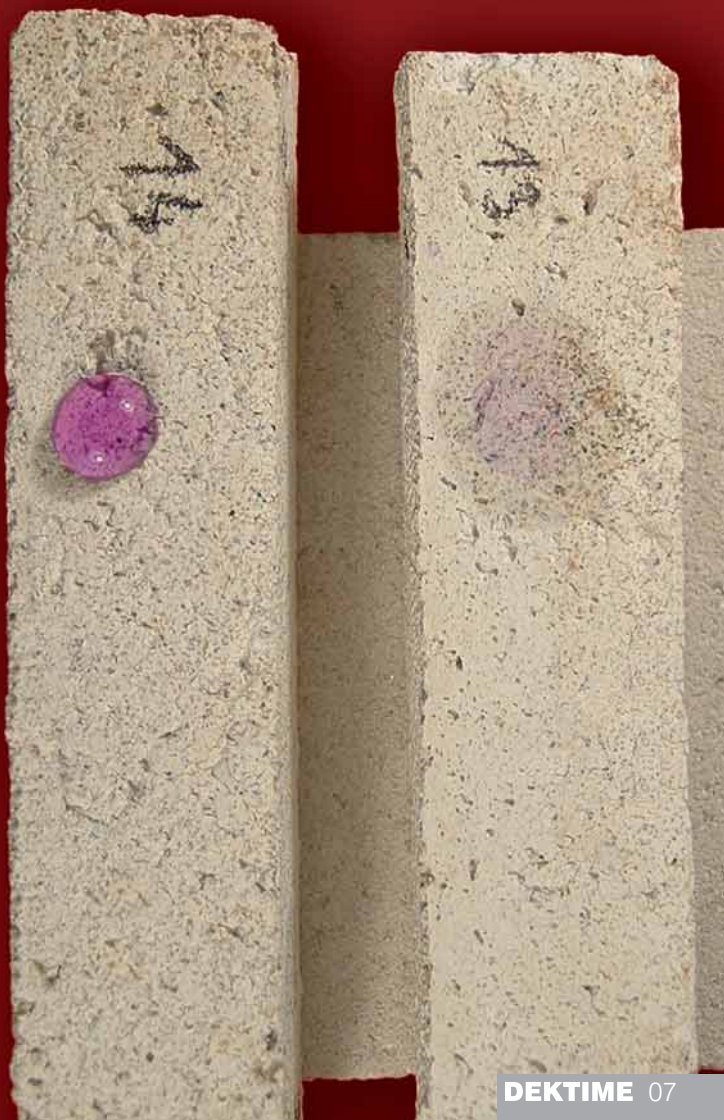
Zkušební tělesa se napustí injektážním roztokem a po kondicionování se provedou pevnostní zkoušky. Vliv injektážního roztoku se hodnotí porovnáním pevnosti v tlaku injektovaných a referenčních zkušebních těles. Pro stanovení rozložení pórů v injektované maltě se použije rtuťový porozimetr.

#### Experimentální stanovení účinnosti roztoků – propustnost injektované vápenné malty

Zkušební tělesa z vápenné malty napuštěná injektážním roztokem se umístí do upravených plastových kelímků tak, aby jedna polovina byla ve styku s vlhkostí a druhá polovina ve styku se vzduchem. Průběžně se měří množství vlhkosti, které projde za 24 hod účinnou plochou zkušebního tělesa.

Pod pojmy „propustnost“ nebo „propustnost vlhkosti“ se v textu rozumí množství vody v kapalném nebo plynném skupenství, která projde za jednotku času účinnou plochou zkušebního tělesa a na opačné straně je zachycována silikagelem ve formě vodní páry.

03 | Porovnání hydrofobizované (vlevo) a běžné vápenné malty.

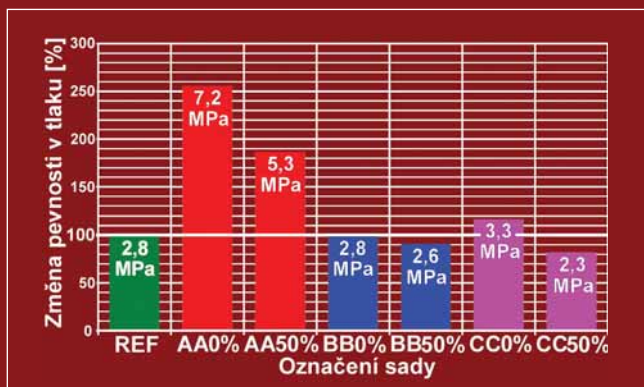


Tabulka 01 – Systém označování injektážních roztoků, vzorků, sad a zkušebních těles

Injektážní roztok	REF	AA	BB	CC
Barevné označení	zelená	červená	modrá	růžová

Tabulka 02 – Fyzikální vlastnosti injektážních roztoků

Vlastnost	Roztok		
	AA	BB	CC
pH	5,0	11,5	5,5
Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	940	1025	900
Povrchové napětí [N/m]	0,0091	nenaměřeno	0,0144



04| Pevnosti v tlaku vápenné malty v závislosti na použitém injektážním roztoku a stupni zavlhnutí zkušebních těles (REF = zkušební sada bez injektáže)

## Experimentální stanovení vlivu mikroorganismů na propustnost injektované malty

Zkušební tělesa z předchozího experimentu se po stanovenou dobu kultivují v suspenzi s mikroorganismy. Následně se tělesa opět vloží do plastových kelímků a průběžně se měří množství vlhkosti prošlé za 24 hod účinnou plochou zkušebního tělesa.

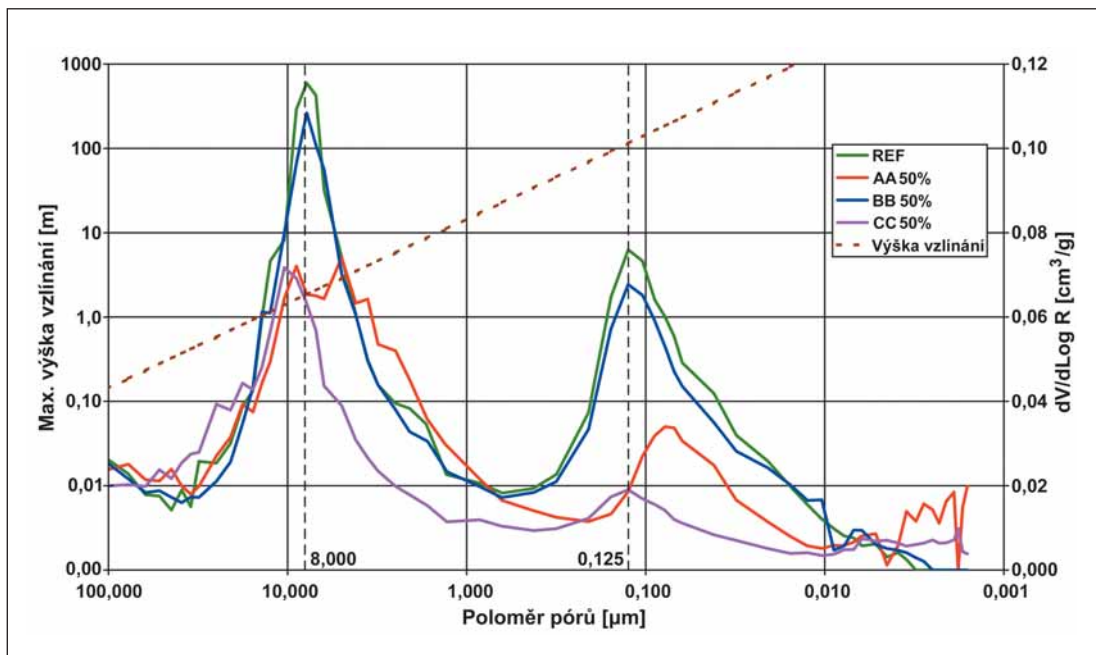
## Ochrana injektážních roztoků biocidy

Nosiče nasáklé směsí injektážních roztoků a biocidů v příslušné koncentraci se umístí na živnou půdu (použije se speciální půda pro plísně a speciální půda pro bakterie). Účinnost biocidů (růst bakterií nebo plísní v blízkosti nosiče) se průběžně vizuálně kontroluje a vyhodnotí se u bakterií do cca 2 dnů a u plísní v rozmezí 5 až 10 dnů.

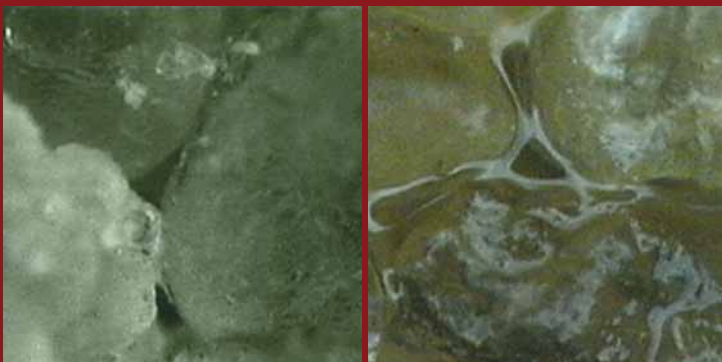
## PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES Z VÁPENNÉ MALTY A ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Pro experimenty jsme připravili 60 zkušebních těles z vápenné malty

05| Pórozimetrie: objem pórů dV/dLog R (pravá osa Y) v závislosti na poloměru pórů (osa X) a maximální výška vztlínání (levá osa Y) v závislosti na poloměru pórů (osa X)







06| Pískovcový kámen (vlevo) a pískovcový kámen napuštěný injektážním roztokem CC (vpravo) pod videomikroskopem při zvětšení 500×. Při porovnání je u napuštěného pískovce dobře patrný infúzní roztok (bílé plochy), který obaluje zrna, ale nevyplňuje póry mezi pískovcovými zrny. Došlo pouze k jejich zúžení. Roztok CC je rovněž hydrofobní, jedná se tedy o působení e) na obr. /01/.

## TEORETICKÝ TLAK POTŘEBNÝ PRO VYTLAČENÍ VODY Z PÓRŮ

Injektážní roztok CC se aplikuje do zdiva tlakově. Při injektáži provádějí firmu rády ukazují, jak při tlakovém napouštění vrtu vyteče roztok například 1 m od injektovaného otvoru. Na otázku, jak vlastně roztok funguje a proč se aplikuje tlakově, je poměrně častá odpověď, že roztok vytlačí vodu obsaženou v pórech zdiva. Že to ve skutečnosti úplně není pravda

svědčí i to, že v průběhu injektáže žádná voda odnikud nevytéká. Závislost mezi poloměrem pórů  $r$  [m] a vnějším tlakem vyjadřuje Washburnova rovnice:

$$r = \frac{2 \times \sigma \times \cos \theta}{p_k} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

kde

$p_k$  tlak působící v kapiláře nad zakřiveným povrchem [Pa]  
 $\sigma$  a  $\theta$  viz vztah (1)

(kamenivo frakce 0-4, vápenný hydrát a voda v hmotnostním poměru 3:1:1) o rozměrech (100×20×20) mm. Protože jeden z roztoků požaduje aplikaci do alespoň 2 roky starého materiálu, nechali jsme zkušební tělesa umělé zestárnout v zařízení pro simulaci umělého stárnutí (4 týdny při teplotě 20 °C, R.H. 60% a obsah CO<sub>2</sub> 1%). Základní fyzikální vlastnosti připravené vápenné malty byly: objemová hmotnost v suchém stavu 1671 kg/m<sup>3</sup>, otevřená pórovitost 24,95 %, maximální nasákavost 14,93 % a součinitel nasákavosti působením vztlínivosti 500 g/(m<sup>2</sup>·√s).

Pro kapilární vztlínivost platí následující vztah:

$$h = \frac{2 \times \sigma \times \cos \theta}{r \times \rho_k \times g} \quad [\text{m}] \quad (1)$$

kde

$\sigma$  povrchové napětí kapaliny [N/m], pro vodu při 20 °C je  $\sigma = 0,073$  N/m

$\theta$  úhel smáčení kapaliny [°], pro vodu  $\theta = 0^\circ$

$r$  poloměr kapiláry [m]

$r_k$  hustota kapaliny [kg/m<sup>3</sup>], pro vodu  $r_k = 1\,000$  kg/m<sup>3</sup>

$g$  gravitační zrychlení [m/s<sup>2</sup>]

Ze vztahu je patrné, že výška vztlínání roztoku v kapiláře o určitém průměru závisí přímo úměrně na povrchovém napětí a nepřímo úměrně na hustotě kapaliny. Poměr obou změřených povrchových napětí injektážních roztoků k příslušným hustotám je výrazně nižší než stejný poměr u vody a výška vztlínání bude u injektážních roztoků výrazně menší. V případě injektážních roztoků je to handicap, neboť z hlediska statiky se požaduje vrtání injektážních otvorů co nejdále od sebe, a na základě uvedeného úvahy má být vzdálenost co nejmenší. Další problém je voda v kapilárách a pórech, která, pokud s ní injektážní roztok přímo nereaguje, opět snižuje vzdálenost průniku injektážních roztoků.

## VÝSLEDKY A JEJICH DISKuze

### VLIV INJEKTÁŽE NA PEVNOST V TLAKU A ROZLOŽENÍ PÓRŮ VÁPENNÉ MALTY

Pro zkoušku jsme použili rozpůlená zkušební tělesa, která byla rozdělena do několika sad podle počátečního stupně zavlhnutí před aplikací injektážního roztoku (0% nebo 50%) a podle injektážního roztoku (AA, BB nebo CC). Stupeň zavlhnutí je podíl hmotnostní vlhkosti materiálu a jeho otevřené pórovitosti – max nasákavost [hmotnostní %]. Po napuštění injektážními roztoky proběhlo kondicionování po dobu 100 dní (175 dní pro stanovení rozložení pórů) při teplotě (23 ± 5) °C a R.H. (50 ± 20) %. Následně byly provedeny zkoušky pevnosti v tlaku. Výsledky jsou v grafu na obr. /04/.

Pevnost v tlaku materiálu souvisí s jeho pórovitostí (resp. hutností). Průměr kapilár a pórů ve zdivu se pohybuje od 0,01 mm do 100 mm, přičemž pro běžné cihly a maltu

Ze vztahu lze vyjádřit tlak, při jakém se kapalina dostane do póru (kapiláry) o určitém průřezu. Pro další ilustraci předpokládejme, že máme materiál, jehož póry jsou zcela zaplněny vodou (stupeň zavlhnutí  $S_p = 100\%$ ). Pro vytvoření chemické hydroizolační clony použijeme tlakovou injektáž. Předpokládejme ještě injektážní roztok, který s vodou nereaguje. Abychom vůbec roztok do materiálu dostali, je třeba vytlačit nějakou vodu z pórů. Injektážní roztok působí na vodu v pórech stejným tlakem jako voda na injektážní roztok a pro tlaky platí:

$$p_v \leq p_{injek} \quad (3)$$

kde  
 $p_v$  tlak vody [Pa] a  
 $p_{injek}$  tlak injektážního roztoku [Pa].

Tlak injektážního roztoku potřebný pro vytlačení vody z póru (kapiláry) o poloměru  $r$  [m] musí tedy být:

$$p_{injek} \geq \frac{2 \times 0,073 \times \cos 0}{r} = \frac{0,146}{r} \text{ [Pa]}$$

Pro ilustraci jsou v tabulce /03/ uvedeny teoretické tlaky potřebné pro vytlačení vody z pórů o určitém poloměru (stav při ideálních podmínkách).

Nyní si položíme otázku, zda lze roztokem CC, který je určený pro tlakovou injektáž, vytlačit vodu ze zaplněných pórů? Dříve stanovené povrchové napětí je  $\sigma_{injek} = 0,0144$  N/m a vztah (3) lze rozepsat:

$$\frac{2 \times \sigma_v \times \cos \theta_v}{r} \leq \frac{2 \times \sigma_{injek} \times \cos \theta_{injek}}{r} \quad (4)$$

po úpravě a dosazení známých hodnot obdržíme  $\cos \theta_{injek} = 5,07$ . Cosinus úhlu nemůže být nikdy větší než 1 a tento roztok by pro vytlačení vody z pórů nešlo použít. Abychom vyvinuli co největší tlak, musí  $\cos \theta \rightarrow 1$  a z toho plyne, že úhel smáčení musí  $\theta \rightarrow 0^\circ$ . Injektážní roztok by měl být co nejvíc smáčivý. Pro případ, že  $\theta_v \rightarrow 0^\circ$  a  $\theta_{injek} \rightarrow 0^\circ$  lze vztah (3) zjednodušit na:

$$\sigma_v \leq \sigma_{injek} \quad (0.1)$$

Pokud však povrchové napětí injektážního roztoku bude výrazně větší než povrchové napětí vody, potom bude zapotřebí větší tlak pro proniknutí roztoku do pórů o stejném poloměru. Z těchto úvah vyplývá, že pro případ materiálu se zcela zaplněnými póry vodou je ideální stav  $\sigma_v = \sigma_{injek}$ . Injektážní roztok, který má stejné povrchové napětí a úhel smáčení jako voda neexistuje a vytlačit vodu vodou je hloupost. Proto je lepší nechat materiál vyschnout na přijatelnou míru. Tento fakt lze opět doložit i rovnicí (1), ze které plyne, že pro nejsnazší proniknutí injektážního roztoku do suchého materiálu má být povrchové napětí co nejmenší. Proto dobrý injektážní roztok by měl co nejvíce smáčet, tj. úhel smáčení se blíží  $0^\circ$  a jeho povrchové napětí by mělo být menší než povrchové napětí vody. Uvedený závěr platí pouze pro injektážní roztoky, které jsou s vodou nemísitelné

(nereagují s ní). Ideální roztok je samozřejmě takový, který ke své funkčnosti alespoň část vody z pórů spotřebuje.

Vraťme se nyní k použití tlakové injektáže. Tlaky uvedené v tab. /03/ pro vytlačení vody z pórů jsou poměrně vysoké (jedná se o teoretické hodnoty). Pro zdění se obvykle používá vápenná malta s pevností v tlaku kolem 1 až 2,5 MPa a zdící prvky s pevností od 5 MPa do 25 MPa. Je ale velice důležité rozlišovat mezi makrostrukturní a mikrostrukturní pevností. V praxi se pevnost běžných stavebních materiálů hodnotí v makrostruktuře, v níž se materiály jeví jako statisticky izotropní. Naproti tomu při injektáži působí roztok lokálně na každou stěnu póru, kapiláry nebo rýhy. V mikrostruktuře se jeví materiál jako anizotropní a lokální pevnost je proměnlivá a těžko měřitelná. Někteří výrobci nebo dodavatelé používají při tlakových injektážích tlak až 1 MPa, který ale již nestačí pro vytlačení vody z nejmenších pórů, které se ještě výraznou měrou podílejí na kapilární vztlávanosti. Vyšší tlak nelze použít, protože hrozí porušení struktury materiálu. Na základě uvedených skutečností lze konstatovat, že tlakové injektážní metody fungují obdobně jako beztlakové s tím rozdílem, že se roztok rozvádí ve zdivu velkými póry. Schopnost pronikat do nejmenších pórů musí být vlastností roztoku a ne důsledkem působení vnějšího tlaku.

Tabulka 03 – Materiál se zcela zaplněnými póry – teoretické tlaky pro vytlačení vody z pórů

Póry (kapiláry)	Poloměr	Max. výška vztlínání	Tlak	
Nejmenší mikropóry	0,001 $\mu\text{m}$	14600 m	146 MPa	
Největší mikropóry	0,010 $\mu\text{m}$	1460 m	14,6 MPa	
Kapilární póry	Nejmenší póry a rýhy	0,100 $\mu\text{m}$	146 m	1,46 MPa
	Nejčastěji se vyskytující póry ve vápenné maltě	0,125 $\mu\text{m}$	116,8 m	1,17 MPa
	Teoretický účinný poloměr pórů ve vápenné maltě (viz obr. /05/)	0,150 $\mu\text{m}$	97,3 m	0,97 MPa
	Střední průměr pórů ve zdivu	10 mm	1,46 m	14,6 kPa
Největší póry, v nichž se ještě uplatňuje kapilární vztlávanost	1000 mm	0,01 m	146 Pa	

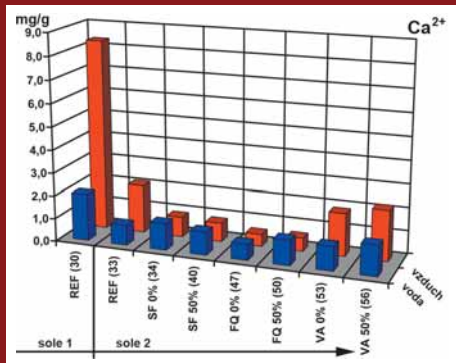
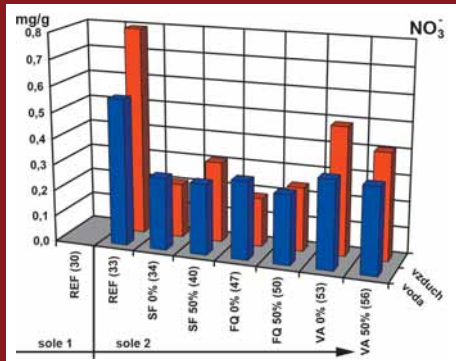
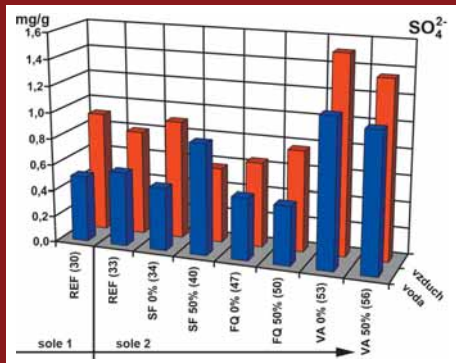
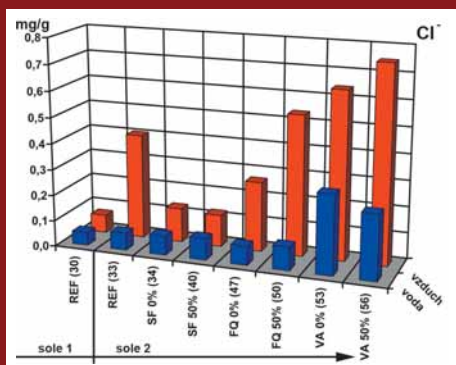
se uvádí střední hodnota 10 mm. Nejmenší póry o průměru 0,1 mm ale mají velký vliv na výšku a dobu vztlínání. Proto jsme se rozhodli provést na referenčním zkušební tělese a zkušebních tělesech napuštěných injektážními roztoky pórozimetrovou analýzu. Výsledky analýzy jsou v grafu na obr. /05/.

Na křivce pro referenční zkušební těleso (REF) jsou patrné 2 vrcholy odpovídající poloměrum pórů, které se ve vápenné maltě vyskytují nejčastěji. První vrchol je pro poloměr pórů 8,0, který přibližně odpovídá střední hodnotě 10,0 udávanou pro vápennou maltu. Druhý vrchol je pro poloměr pórů 0,125. Pokud se podíváme na křivky pro jednotlivé roztoky, došlo oproti křivce REF u roztoku AA k významnému snížení hodnot v obou vrcholech a celá křivka jakoby se mírně posunula doprava směrem k menším poloměrum pórů. Z tohoto průběhu lze usoudit, že opravdu došlo k zúžení a redistribuci pórů směrem od těch, jež se nejvíce podílejí na kapilárním transportu vlhkosti k menším, méně nebezpečným. Obdobný průběh má i křivka pro roztok CC, zde ale pouze došlo k výraznému snížení všech hodnot, což znamená, že všechny póry byly rovnoměrně zúženy.

Poměrně překvapivý je průběh křivky pro roztok BB, který takřka kopíruje průběh křivky REF. Pokud tento výsledek zkonfrontujeme s výsledkem vlivu injektážního roztoku na pevnost v tlaku, kdy při stejně ošetřeném zkušební tělese došlo ke snížení pevnosti o cca 10% lze usoudit na jediné, roztok BB se nedostal v dostatečné míře do struktury vápenné malty. Největší překážkou mu pravděpodobně byla počáteční vlhkost před injektáží, kterou roztok uzavřel a nedokázal ji pustit ven.

## EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ ÚČINNOSTI ROZTOKŮ – PROPUSTNOST INJEKTOVANÉ VÁPENNÉ MALTY

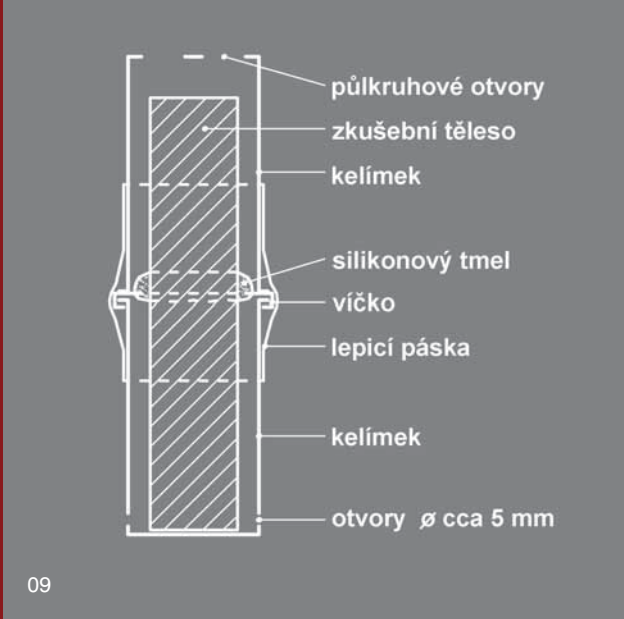
K vytvoření metodiky pro stanovení účinnosti roztoků nás přivedly následující úvahy. Jak již bylo řečeno dříve, neexistuje v České republice pro zkoušení účinnosti injektážních roztoků



07 | Obsahy solí a vápníku v dolních třetinách ve vodě (modré kvádry) a horních třetinách na vzduchu (červené kvádry) zkušebních těles při prvním (sole 1) a druhém (sole 2) rozboru.



08



09



10

08 - 10 | Měřicí aparatura

žádný zkušební předpis nebo norma, zkoušení se ale přesto provádí, obvykle s použitím zkoušek uvedených v /10/, /11/ a /12/. Vždy se vyberou vhodné přírodní a umělé zdicí materiály, z nichž se zhotoví zkušební tělesa, která se před zkouškou vysuší do konstantní hmotnosti. Stanoví se jejich nasákavost působením vzlinavosti. Následuje napuštění těles injektážním roztokem a někdy opětovné vysušení do konstantní hmotnosti. Opět se provede zkouška nasákavosti působením vzlinavosti a výsledek se porovná s prvním měřením. Injektážní roztoky jsou takového charakteru (obsahují hydrofobizátory a podobné látky), že zkoušky většinou bez větších problémů splní. Simuluje ale popsaná zkouška skutečný stav při aplikaci roztoku?

Domníváme se, že největší nepřesnost, která má značný vliv na účinnost, je ono vysušování zkušebních těles, ke kterému ve skutečnosti nedochází. I když se používají např. topné tyče, vždy se jedná pouze o snižování obsahu vlhkosti. Proto by měl injektovaný materiál při zkoušení obsahovat tolik vlhkosti, jako může obsahovat ve skutečnosti. Druhá nepřesnost je, že se po injektáži ponechá materiál opět vyschnout v celém objemu. Ve skutečnosti se injektáží vytvoří ve zdivu vrstva o určité výšce, která má zabránit kapilárnímu šíření vody. Z uvedeného vyplývá, že pro zkoušení je ideální stav, kdy je část zkušebního tělesa v kontaktu s vlhkostí a část na vzduchu a stanovuje se množství vlhkosti prošlé jednotkou plochy. Tohoto základního principu jsme využili při stanovení propustnosti vlhkosti injektovaného materiálu. Čím je menší propustnost napuštěného materiálu, tím je lepší účinnost injektážního roztoku. Pro experiment jsme 22 zkušebních těles rozdělili do 7 sad, z nichž 6 sad po 3 tělesech byly určeny pro napuštění injektážními roztoky a jedna sada po 4 tělesech sloužila

jako referenční (bez injektáže). Stupeň zavlhnutí a použitý injektážní roztok jsou patry z tabulky /04/.

Po injektáži jsme každé zkušební těleso zatmelili vždy do 2 plastových kelímků (obr. /08/, /09/) a podle injektážního roztoku umístili do 4 plastových nádob s destilovanou vodou. V nádobách jsme udržovali konstantní výšku hladiny (obr. /10/). Pro měření propustnosti vlhkosti jsme použili sáčky se silikagelem, které jsme vložili do prázdného kelímku, nasadili na kelímky se zkušebními tělesy (obr. /10/) a ponechali 24 hodin. Měření jsme opakovali cca jednou za 14 dní po dobu 90 dnů. Mezi jednotlivými měřeními nebyly nasazeny kelímky se sáčky silikagelu.

Množství vlhkosti, která projde u zkušebního tělesa jednotkou plochy za 1 den se vypočítá podle vztahu:

$$P_{it} = \frac{m_{it} - m_{i0}}{t \cdot A_i} \left[ \frac{g}{m^2 \times \text{den}} \right] \quad (5)$$

kde

- $m_{i0}$  hmotnost [g] i-tého sáčku silikagelu v čase  $t = 0$  dnů
- $m_{it}$  hmotnost [g] i-tého sáčku silikagelu v čase  $t = 1$  den
- $t$  čas [dny]
- $A_i$  účinná plocha průřezu uprostřed i-tého zkušebního tělesa [ $m^2$ ]

#### ANALÝZA VÝSLEDKŮ REFERENČNÍCH TĚLES

Výsledky měření jsou graficky vyjádřeny na obr. /11/ (levá část grafu označena „1 série měření“). Z průběhu křivek je patrné, že k největšímu snížení propustnosti vlhkosti došlo překvapivě u referenční (neinjektované) sady. Proto jsme jedno ze zkušebních těles sady REF vyjmuli, rozlomili na třetiny a v jednotlivých třetinách jsme stanovili obsah solí (síraný, dusičnaný a chloridy). Výsledky ukázaly, že v horní třetině je

výrazně větší obsah solí než v dolní třetině. Při pohybu vody neinjektovaným zkušebním tělesem unáší voda rozpustné sole a pravděpodobně další látky, které se v horní části zkušebního tělesa ukládají a snižují tím propustnost. K transportu solí pravděpodobně dochází také u zkušebních těles napuštěných injektážními roztoky, ale v menší míře, protože roztoky mají omezi kapilární pohyb. Pro celkové vyhodnocení účinnosti roztoků by bylo třeba oddělit snížení propustnosti vlivem injektážních roztoků a dalšími vlivy, což lze poměrně těžko, přesto ale lze učinit přibližné vyhodnocení.

#### ANALÝZA VÝSLEDKŮ ROZTOKU CC

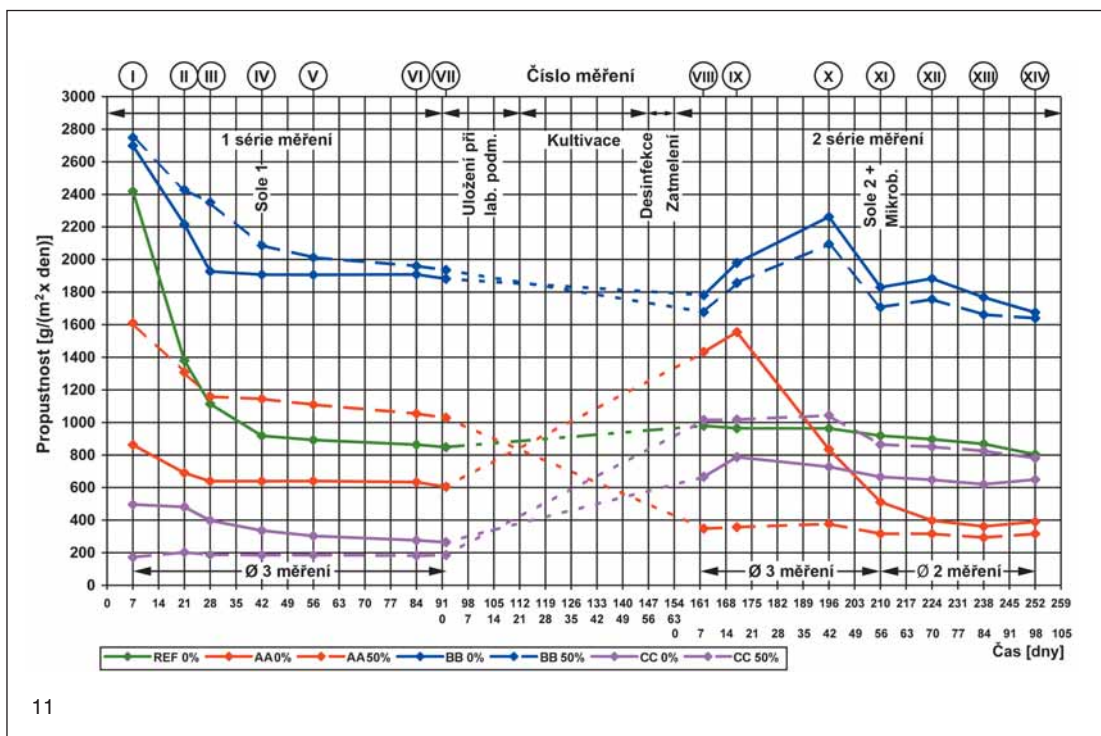
V první řadě je třeba se podívat na propustnosti při prvním měření, ze kterých plyne, že nejlepší účinnost ihned po aplikaci má roztok CC. U tohoto roztoku je rovněž zajímavé, že účinnost je o něco lepší při aplikaci do vlhkého materiálu. V průběhu měření potom nedochází takřka k žádné změně, což znamená, že většina reakcí (ať kladných nebo záporných), které by mohly ovlivnit funkčnost, byly potlačeny. Při napuštění do suchého materiálu byla prvotní účinnost o něco horší, ale z klesající tendence křivky lze usoudit, že účinnost by se v budoucnu vyrovnala účinnosti při aplikaci do mokrého materiálu.

#### ANALÝZA VÝSLEDKŮ ROZTOKŮ AA A BB

U roztoků AA a BB má vždy lepší účinnost roztok aplikovaný do suchého materiálu. U roztoku AA je rozdíl mezi aplikací do suchého a mokrého materiálu téměř dvojnásobný, a to v průběhu celého měření. Lze ale pozorovat, že se k sobě křivky blíží, takže v budoucnu by pravděpodobně rovněž došlo k vyrovnání účinností. U tohoto roztoku lze rovněž předpokládat, že se na snížení propustnosti částečně podílel také transport a ukládání solí.

Tabulka 04 – Zkušební sady podle stupně zavlhnutí a použitého injektážního roztoku

Injektážní roztok a stupeň zavlhnutí [%]	REF			AA 0%			AA 50%			BB 0%			BB 50%									
Č. zkušebního tělesa	30	31	32	33	34	35	36	39	40	44	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58



11

U roztoku BB jsou počáteční hodnoty propustnosti a hodnoty na konci měření velice podobné a celkově dosti vysoké. Při porovnání počáteční hodnoty sady REF (měření I) a hodnot pro roztok BB na konci 1. série měření (měření VII) lze říct, že se účinnost zlepšila velice málo.

## EXPERIMENTÁLNÍ STANOVENÍ VLIVU MIKROORGANISMŮ NA PROPUSTNOST INJEKTOVANÉ MALTY

Probíhající měření jsme na 9 týdnů přerušili, tj. zkušební tělesa byla odtmelena a uložena při laboratorních podmínkách. Následně jsme na dno plastových nádob umístili podpory a na ně uložili zkušební tělesa, vždy 6 těles napuštěných jedním injektážním roztokem do jedné nádoby. Do nádoby jsme nalili suspenzi mikroorganismů (izolovaných z běžné zeminy) tak, aby výška hladiny byla cca do 1/3 příčného řezu těles. Zkušební tělesa jsme kultivovali v termostatu po dobu 32 dnů při teplotě (26 ± 1) °C a R.H. 75% (obr. /12 - 15/). Referenční zkušební tělesa nebyla kultivována.

Nakonec jsme tělesa vyjmuli, uložili při laboratorních podmínkách a pro desinfekci je postříkali 10% roztokem ajatinu. Dříve uvedeným postupem jsme tělesa opět zatmelili do kelímků, umístili do plastových nádob s destilovanou vodou a opakovali měření propustnosti vlhkosti.

## VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Grafické vyjádření výsledků je na obr. /11/ (pravá část grafu označena „2. série měření“). Při porovnání posledních hodnot naměřených v 1. sérii (měření VII) a prvních hodnot ve 2. sérii (měření VIII) je patrné, že se tečkované úsečky, znázorňující kultivaci mikroorganismy, pro jednotlivé roztoky zkrátily, tj. došlo k „záměně“ účinnosti podle toho, zda byl roztok napuštěn do suché nebo mokré malty (čím je propustnost menší, tím je lepší účinnost a naopak). Dále u roztoku BB došlo k mírnému snížení propustnosti vlhkosti. U roztoku CC došlo v obou případech k výraznému zvýšení propustnosti, u roztoku aplikovaném do suchého materiálu je hodnota cca 2× větší a u roztoku aplikovaném do vlhkého materiálu je

hodnota dokonce 5× větší než před kultivací. Velice zajímavý je výsledek u roztoku AA, neboť v případě aplikace do vlhkého materiálu se propustnost 2,5× snížila, ale při aplikaci do suchého materiálu se propustnost cca 2,5× zvýšila. Z uvedeného porovnání plyne, že mikroorganismy ovlivnily měření.

## REFERENČNÍ TĚLESA

Z průběhů propustnosti vlhkosti při dalších měřeních je zřejmé, že u zkušební sady REF, která nebyla v průběhu kultivace uložena v suspenzi s mikroorganismy, ale pouze volně při laboratorních podmínkách, došlo v počátku k velice mírnému nárůstu propustnosti vlhkosti, která se ale v dalším průběhu vrátila k původním hodnotám na konci první série měření.

## ROZTOK BB

U roztoku BB byl zaznamenán poměrně prudký nárůst propustnosti, který se nejvíce projevilo při desátém měření, tedy cca 6 týdnů od začátku druhé série měření. Po tomto nárůstu potom následuje pokles k původním hodnotám.



12

11 | Průměrné propustnosti vlhkosti zkušebních těles napuštěných injektážními roztoky při první a druhé sérii měření.  
Pozn. Na ose X jsou dny, horní řada značí dny od začátku celého experimentu, na prostřední řadě jsou dny od přerušení 1. série měření po zatmělení zkušebních těles do plastových kelímků pro 2. sérii měření a na spodní řadě jsou dny od začátku 2. série měření. Na ose Y je průměrná propustnost ze tří nebo dvou zkušebních těles, tato informace je uvedena nad osou X (po měření XI bylo z každé sady odebráno jedno zkušební těleso pro rozbor).

12 - 15 | Zkušební tělesa na konci kultivace



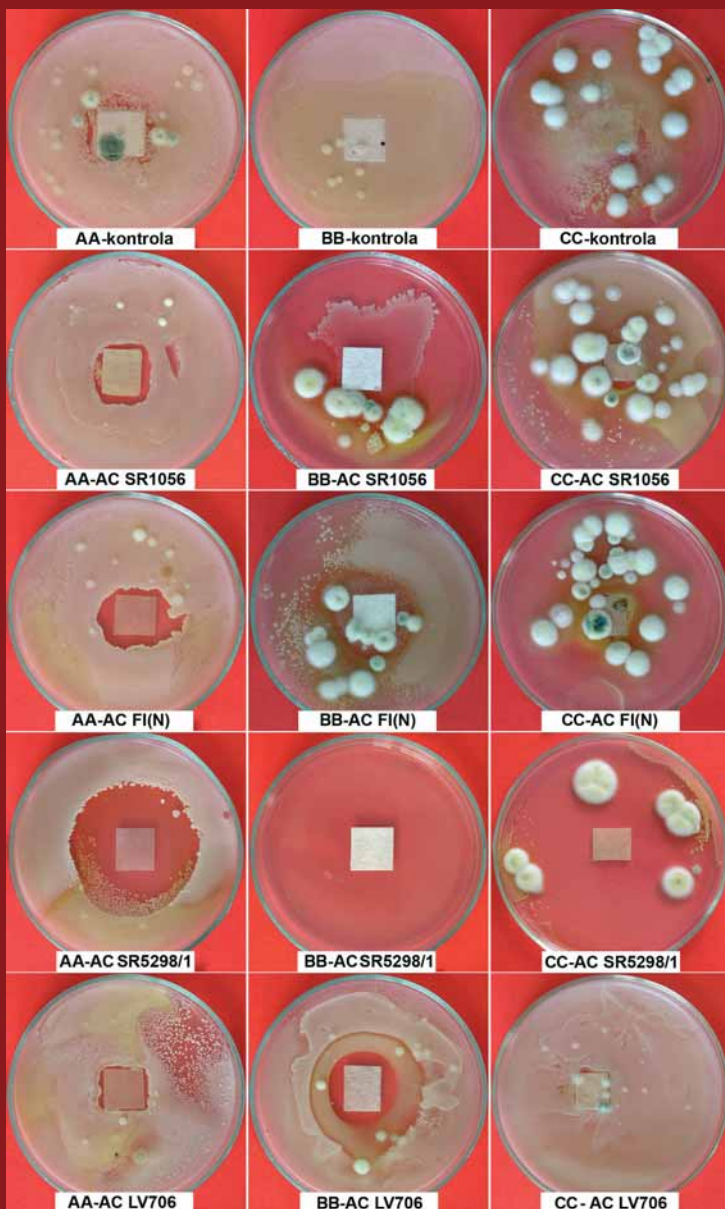
13



14



15



16 | Experimentální stanovení aktivity biocidů vůči plísním, fotografie po 7 dnech kultivace

#### ROZTOK CC

Jak již bylo řečeno výše, u roztoku CC došlo k výraznému nárůstu propustnosti vlhkosti, která se v dalším průběhu měření pouze mírně snížila. Z průběhu křivek a posledních měření lze usoudit, že se propustnosti v budoucnu pravděpodobně vyrovnají. U roztoku CC aplikovaném do mokré vápenné malty se snížená propustnost z osmého měření udržela s drobnými výkyvy i v dalším průběhu.

#### ROZTOK AA

Nejzajímavější je průběh propustnosti pro roztok AA aplikovaném do suchého materiálu, neboť při devátém měření je zaznamenána největší hodnota, která se dokonce blíží propustnosti pro roztok BB, ale v dalším průběhu nastává prudký pokles a hodnota se přibližuje propustnosti při aplikaci roztoku do mokrého materiálu.

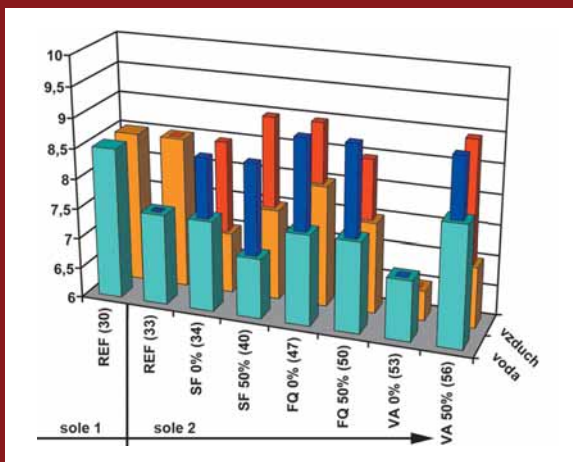
Pro nalezení příčin snižování a zvyšování propustnosti jsme se rozhodli po měření XI provést chemické a biologické rozborry. Z každé sady bylo vyjmuta jedno zkušební těleso a opět rozděleno na třetiny. Po vyjmutí těles z kelímku před chemickými rozborry jsme zjistili, že na povrchu zkušebních těles č. 53 (CC 0%) a č. 56 (CC 50%) se obnovil růst plísní. Toto zjištění znamenalo, že postřik 10% roztokem ajatinu byl nedostačující. U tělesa č. 40 (AA 50%) k obnově růstu plísní nedošlo. Obsahy solí a pH v průřezu zkušebních těles (obr. /07/, /17/) byly opět stanoveny v horních a dolních třetinách zkušebních těles. Zjištěné hodnoty nebyly překvapivé.

#### VYHODNOCENÍ

Pro vyhodnocení celého experimentu se musíme vrátit ke grafu na obr. /11/. Jak již bylo řečeno dříve, mohou mikroorganismy negativně ovlivnit kapilárně porézní prostředí materiálu. Při experimentu s propustností zkušebních těles napuštěných injektážními roztoky a kultivovanými mikroorganismy lze předpokládat, že pokud injektážní roztok slouží jako zdroj živin, může docházet ve druhé a třetí fázi k růstu mikroorganismů (viz obr. /02/) a ke zvýšení propustnosti vlhkosti, která může v dalších fázích růstu dále kolísat. Stanovení růstové fáze znesnadňuje fakt, že se nejedná



- 17| pH na povrchu a ve středu zkušebních těles. Široké kvádry značí pH na povrchu třetin ponořených ve vodě (světle modrá) nebo na vzduchu (oranžová). Obdobné úzké kvádry značí pH ve středu průřezu zkušebních těles, kde tmavě modrá je pro třetiny ponořené ve vodě a červená pro třetiny na vzduchu.



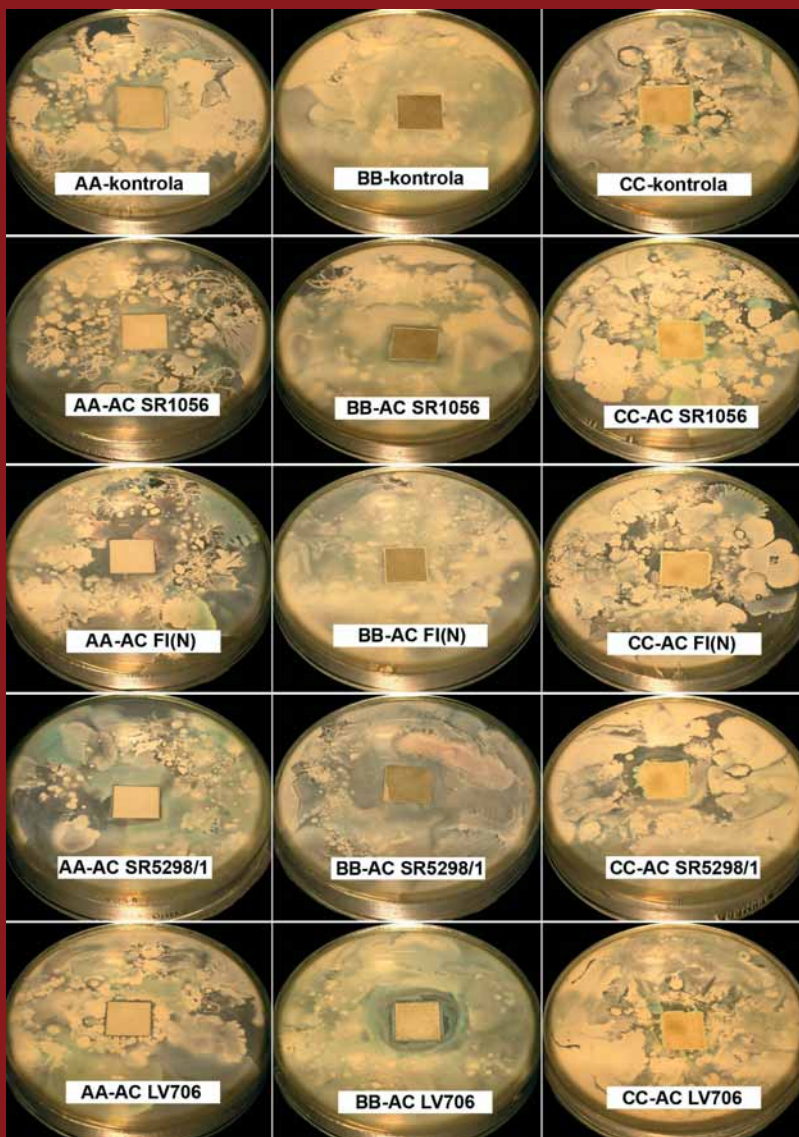
o monokulturu mikroorganismů. Nicméně pokud došlo po kultivaci a desinfekci ke zvýšení propustnosti vlhkosti zkušebních těles, je to již určitý signál, že mikroorganismy mají vliv na účinné látky injektážního roztoku. Tuto domněnku potvrzují i výsledky pro roztok CC, u kterého došlo po kultivaci k dvojnásobnému, resp. pětinásobnému zvýšení propustnosti, přičemž biologická odbouratelnost roztoku CC již byla experimentálně prokázána při jiném výzkumu. Roztok BB měl velkou propustnost vlhkosti již před kultivací. Po kultivaci se propustnost významně nezměnila. Došlo pouze k dočasnému zvýšení propustnosti. Hodnocení roztoku AA je velice složité, protože se hodnoty po kultivaci poměrně dost liší (v závislosti, zda byl roztok aplikován do suché nebo mokré vápenné malty), aby se po několika měření opět vyrovnaly. Jedinou spojitost lze nalézt u ověření růstu bakterií po měření XI. Z výsledků plyne, že ve všech zkušebních těles napuštěných injektážními roztoky pouze u zkušebního tělesa č. 40 nebyl prokázán obnovený růst bakterií. Těleso č. 40 pochází ze sady AA 50% a pokud se ještě jednou pozorně podíváme na graf na obr. /11/, je sada AA 50% jedinou ze všech, u které došlo k výraznému snížení propustnosti vlhkosti po kultivaci (tečkovaná úsečka mezi měřeními VII a VIII). Z uvedeného výsledku by bylo poměrně jednoduché vyvodit závěr,

že injektážní roztok AA je odolný vůči mikroorganismům a má velice dobrou účinnost, bohužel se stejný výsledek neprokázal u druhé sady zkušebních těles napuštěných stejným roztokem. Tuto zvláštnost nedokážeme v současné době vysvětlit, neboť zkušební tělesa obou sad byla vyrobena z jedné dávky vápenné malty, při umělém stárnutí ležela tělesa vedle sebe, dále byla tělesa napuštěna stejným roztokem, při měření propustnosti v první sérii byla tělesa v jedné plastové nádobě se stejným zdrojem destilované vody, při kultivaci ležela tělesa v jedné plastové nádobě, při postřikování ajatinem byla tělesa opět u sebe v jedné nádobě a při druhé sérii měření byla tělesa opět u jednoho zdroje destilované vody, jediný rozdíl byl, že u sady AA 0% byl roztok aplikován do suché vápenné malty a u sady AA 50% do mokré vápenné malty. Vysvětlení by mohly ukázat další experimenty a rozborů.

## OCHRANA INJEKTÁŽNÍCH ROZTOKŮ BIOCIDY

Protože mikroorganismy mohou narušit a snížit účinnost injektážních roztoků, zabývali jsme se také možností jejich ochrany. Jedna z variant je použití biocidů, které se před aplikací přimíchávají přímo do injektážního roztoku. Při experimentálním hodnocení účinnosti biocidů jsme se inspirovali [9], kde jsou uvedeny metody hodnocení

působení mikroorganismů na plasty. Jako zdroj mikroorganismů jsme použili přefiltrovaný půdní výluh. Při orientačním stanovení přítomnosti mikroorganismů ve výluhu byly identifikovány zástupci rodů plísní *Aspergillus*, *Penicillium* a *Cladosporium* a rodů bakterií *Bacillus*, *Pseudomonas* a *Micrococcus*. Připravili jsme směs injektážních roztoků a biocidů v maximální koncentraci doporučené výrobcem. Jako nosiče sloužily pásy filtračního papíru nasáknuté jednotlivými směsmi. Připravili jsme dostatečné množství živné půdy podle Czapka-Doxe, která se používá při stanovení růstu plísní a bezuhlíkatého minerálního média podle Illialetdinova s přísadkou glukózy, která se používá při stanovení růstu bakterií. Obě média jsme sterilizovali v autoklávu, rozehrátá nalili na Petriho misky a nechali zatuhnout. Připravenou suspenzi mikroorganismů jsme napipetovali na ztuhlou živnou půdu. Napuštěné nosiče jsme uložili na živnou půdu a vše kultivovali v termostatu. Aktivitu biocidů, tj. růst bakterií lze vizuálně hodnotit nejvýše do 2 dnů od začátku kultivace a plísně v rozmezí cca 5 až 7 dnů. Výsledky hodnocení aktivity biocidů jsou uvedeny v tab. /05/. Fotografie růstu plísní po 7 dnech kultivace jsou na obr. /16/ a růstu bakterií po 2 dnech na obr. /18/. U každého biocidu je vždy jako první fotografie kontroly, tj. nosič



18 | Růst bakterií na otisících zkušebních tělech v živném médiu

napuštěný injektážním roztokem, ale bez biocidu. U nosičů s biocidem je důležité srovnání růstu s kontrolou a vzdálenost, do jaké dokáží mikroorganismy k nosiči dorůst, přičemž může vzniknout sterilní zóna, která je úplně bez mikroorganismů nebo difúzní zóna, ve které je růst výrazně potlačen. V obou případech signalizují zóny silnou nebo slabou účinnost biocidu. Pokud je biocid zcela neaktivní, přerostou mikroorganismy přes nosič. V případě kultivace napuštěných nosičů na živné půdě (podle Czapka-Doxe) určené převážně pro plísň se ukázalo, že převládajícími mikroorganismy jsou

bakterie, které se dokázaly prosadit i na této půdě (na obr. /16/ bílé souvislé plochy po obvodu misek).

Jak je z tabulky /05/ patrné, všechny biocidy jsou aktivní při smíchání s roztokem AA, ale i pokud není roztok smíchaný s žádným biocidem, prokázal alespoň částečnou aktivitu proti bakteriím. Poměrně zajímavé je hodnocení biocidů smíchaných s roztokem CC, kdy se ukázalo, že všechny biocidy jsou aktivní proti bakteriím, ale pouze biocid ACTICIDE SR5298/1 je současně aktivní i proti plísním. U biocidů smíchaných s roztokem BB jsou výsledky různé, pravděpodobně

zde sehrálo roli vysoké pH roztoku. Biocidy ACTICIDE FI(N) a SR5298/1 jsou určeny do prostředí s pH nejvýše 9 a u obou se ukázala nižší účinnost. Při hodnocení biocidů byl patrný výběrový efekt pro řadu bakteriálních kmenů, *Pseudomonas* sp. je poměrně odolný a v mnoha případech přirůstá až k nosiči, kdežto zástupci rodu *Bacillus* vytvářejí spíše sterilní zónu. Při volbě vhodného biocidu je důležitá především správná koncentrace. Je nutné si uvědomit, že nízké koncentrace mohou mít u některých biocidů zcela opačný efekt a růst mikroorganismů podpořit. Naopak vysoké

koncentrace jsou nebezpečné z hlediska životního prostředí, protože zbytky biocidů se dříve či později dostanou zpět do přírodního koloběhu. Ačkoliv je životnost staveb relativně dlouhá, jsou toxické látky fixovány v materiálech (zdivo, omítky apod.). Z přírodního hlediska dochází u většiny staveb k rekonstrukcím, sanacím nebo jejich odstranění, kdy veškerý odpad končí na skládkách ze kterých je již pouze krok k transportu toxických látek do půdy a spodní vody.

## ZÁVĚR

Na základě podrobného studia uvedené problematiky, provedených experimentů a získaných výsledků lze vyvodit následující závěry:

- Oproti obecně rozšířenému názoru o pozitivním vlivu injektážních roztoků na pevnost v tlaku zdicích materiálů výsledky ukázaly, že ve skutečnosti tomu tak být nemusí. Výsledky zkoušek pevnosti jsou v rozporu s obecným názorem, že injektáží roztoky zvyšují pevnost zdiva v tlaku. Tvrzení o zvyšování pevnosti zdiva injektážními roztoky je navíc

velmi sporné z důvodu narušení zdiva vrtanými otvory nutnými pro injektáž. Vliv injektáže (celé technologie vč. vrtání otvorů) na pevnost zdiva si zaslouží samostatný výzkum.

- Některé roztoky proniknou ve vlhkém materiálu do vzdálenosti podstatně menší, než je polovina rozteče otvorů pro injektáž doporučená výrobcem roztoku.
- Ideální je injektážní roztok, který alespoň částečně reaguje s vodou v pórech.
- Na základě výpočtů lze konstatovat, že injektážní roztoky aplikované tlakově fungují obdobně jako roztoky aplikované beztlakově s tím rozdílem, že se roztoky rozvádí ve zdivu velkými póry. Schopnost pronikat do nejmenších pórů musí být vlastnost roztoků, tato schopnost není dána působením vnějšího tlaku. Pokud jsou ve zdivu vodou zcela zaplněny póry, které se největší měrou podílejí na kapilárním transportu vlhkosti, nelze vodu z kapiláry injektážním roztokem vytlačit, protože by muselo být použito tlaků, které jsou za hranicí pevnosti běžných stavebních materiálů.

- Z důvodu nehomogenity zdiva nelze u injektážních roztoků nikdy dosáhnout 100% účinnosti, i pokud roztoky fungují na principu utěsnění pórů. Proto injektážní metody nepatří mezi metody zabraňující, ale pouze omezující kapilární transport vlhkosti. Nejnižší propustnost vlhkosti, které bylo při experimentech dosaženo, byla přibližně 130 [g / (m<sup>2</sup> × den)]. Pro srovnání, u povlakových hydroizolací, které se používají při podřezávání zdiva, se tato hodnota pohybuje pro asfaltové (oxidované nebo modifikované) pásy o tloušťce 4,5 mm v rozmezí (0,08 – 0,12) [g / (m<sup>2</sup> × den)] a u plastové polyetylenové fólie o tloušťce 1,5 mm okolo hodnoty 0,3 [g / (m<sup>2</sup> × den)]. I pokud by se časem propustnost injektážních roztoků snížila 10×, stále bude tato hodnota 50× až 100× větší než u povlakových hydroizolací. Z uvedeného plyne, že se vyplatí používat injektážní metody pouze tam, kde je menší transport vlhkosti ze zeminy do konstrukce nebo pokud je použití jiné metody omezené nebo nemožné.
- Injektážní roztoky jsou živnou půdou pro mikroorganismy, které snižují jejich účinnost.

Tabulka 05 – Hodnocení aktivity vybraných biocidů vůči plísním a bakteriím

Biocid	Koncentrace[%]	Injektážní roztok		
		AA	BB	CC
<b>PLÍSNĚ</b>				
Kontrola	–	neúčinný	neúčinný	neúčinný
obr.		AA-kontrola	BB-kontrola	CC-kontrola
ACTICIDE SR1056	0,3	silně účinný	neúčinný	neúčinný
obr.		AA-AC SR1056	BB-AC SR1056	CC-AC SR1056
ACTICIDE FI(N)	0,4	silně účinný	neúčinný	neúčinný
obr.		AA-AC FI(N)	BB-AC FI(N)	CC-AC FI(N)
ACTICIDE SR5298/1	1,5	silně účinný	nehodnoceno	silně účinný
obr.		AA-AC SR5298/1	BB-AC SR5298/1	CC-AC SR5298/1
<b>BAKTÉRIE</b>				
Kontrola	–	slabě účinný	neúčinný	slabě účinný
obr.		AA-kontrola	BB-kontrola	CC-kontrola
ACTICIDE SR1056	0,3	silně účinný	silně účinný	silně účinný
obr.		AA-AC SR1056	BB-AC SR1056	CC-AC SR1056
ACTICIDE FI(N)	0,4	silně účinný	neúčinný	slabě účinný
obr.		AA-AC FI(N)	BB-AC FI(N)	CC-AC FI(N)
ACTICIDE SR5298/1	1,5	silně účinný	slabě účinný	silně účinný
obr.		AA-AC SR5298/1	BB-AC SR5298/1	CC-AC SR5298/1

Experimentálně bylo prokázáno, že lze roztoky chránit použitím biocidů. Tuto variantu je třeba dále zkoumat a ověřit v praxi. I pokud bude použit vhodný biocidní prostředek, nelze předpokládat, že injektážní roztoky mají nekonečnou životnost. Použitím vhodného biocidu dojde pouze k prodloužení životnosti. Vždy, dříve nebo později, bude nutný opětovný zásah.

- Z hlediska ekologie lze odbouratelnost injektážních roztoků biologickými činiteli považovat za klad, pouze by k tomu nemělo docházet prostřednictvím nejběžnějších mikroorganismů, ale spíše specifických kmenů mikroorganismů.

<VIKTOR ZWIENER>

#### LITERATURA

##### Odborné publikace

- [1] Lebeda J.: Sanace zavlhlého zdiva budov. Nakladatelství technické literatury n.p., Praha 1988
- [2] Wasserbauer R.: Biologické znehodnocení staveb. Tiskárna Petr Pošík, Praha 2000
- [3] Pel L.: Moisture transport in porous building materials. Ph.D. thesis, Eindhoven University of Technology, Netherlands 1995  
zdroj: <http://www.phys.tue.nl/nfcmr/PhD-Pel-1995.pdf>
- [4] Arendt C., Seele J.: Feuchte und Salze in Gebäuden. Verlagsanstalt Alexander Koch, Leinfelden-Echterdingen 2000
- [5] Lunerová K.: Biotechnologie – 6 – Mikroorganismy jako producenti látek.  
zdroj: <http://faf.vfu.cz/biotech>
- [6] Wasserbauer R., Vančurová D., Zapletalová M.: Osidlování pískovcového kamene mikroorganismy v podmínkách cyklické teploty a stálé vlhkosti. 22. konference „Sanace a rekonstrukce staveb“, sborník str. 282-285, WTAcz, Praha 2000
- [7] Warscheid T., Brahms J.: Biodeterioration of stone: a review. International Biodeterioration & Biodegradation, No. 46, p. 343-368, 2000
- [8] Hecht C., Dreyer J.: První poznatky ze zkoušek účinnosti injektážních látek uvedených ve směrnici WTA. 26. konference „Sanace a rekonstrukce staveb“, sborník str. 465-467, WTAcz, Praha 2004
- [9] ČSN EN ISO 846:1998 (64 0780] Plasty – Hodnocení působení mikroorganismů
- [10] ČSN EN 1925:2000 (72 1141) Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení součinitele nasákavosti vodou působením vztlínavosti
- [11] ČSN EN 13755:2002 (72 1149) Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení nasákavosti vodou za atmosférického tlaku
- [12] ČSN 72 1155:1984 (72 1155) Stanovení nasákavosti a zdánlivé pórovitosti přírodního stavebního kamene (platnost ukončena k 2002/12)
- [13] ČSN P 73 0610:2000 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva – Základní ustanovení
- [14] I. návrh ČSN 73 .... Hydroizolace pozemních staveb – Obvodový plášť. SURPMO, Praha 1982
- [15] Směrnice WTA 4-4-96 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti. WTAcz, Praha 1998
- [16] Entwurf: Merkblatt E 4-4-03/ D Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit. WTA Publications, München 2003
- [17] Zwiener V.: Sanace zděných konstrukcí z hlediska vztlínající vlhkosti se zaměřením na použití infuzní clony na bázi přírodních materiálů. Diplomová práce, ČVUT – Fakulta stavební, Praha 2001
- [18] Wasserbauer, R., Zwiener, V.: Využití impedanční metody pro rychlé stanovení aktivity technických biocidů pro stavebnictví. Tepelná ochrana budov, 2002, ročník. 5, č. 3, str. 25-26.

# KUTNAR

# AKTUALITY

NA ČEM PRACUJEME, O ČEM PŘEMÝŠLÍME, CO ŘEŠÍME

## PLOCHÁ STŘECHA S TĚSNĚNOU PLECHOVOU SKLÁDANOU KRYTINOU

**MOTTO:** SE ZATAJENÝM DECHEM – JAK VELKÉ UMĚNÍ JE STAVĚNÍ

K zastřešení objektu o ploše několik tisíc m<sup>2</sup> užit zahraniční systém ploché jednoplášňové střechy s krytinou z tvarovaných plechů, tepelnou izolací z vláknitých rohoží a parotěsnou zábranou ze speciálního vrstveného pásu (patrně hliníková + polyetylenová fólie + výztužná mřížka + krycí papír). Ve skladbě střechy leží všechny uvedené vrstvy v těsném kontaktu. Sklon střešních ploch činí 3%. Směřuje ke střednímu

bezspádovému žlabu – viz foto. Všechny styky mezi plechovými prvky krytiny jsou těsněny tmelovými pásy. Pod uvedenou skladbou je zavěšen podhled. Výše uvedený, na našich stránkách pouze schematicky popsany systém, byl úspěšně certifikován řadou zahraničních i našich pracovišť. Po realizaci systému se na popisované budově vyskytlo

v několika málo místech zatékání srážkové vody do podstřeší. Oprava nedostatky odstranila, nikoliv ale bezzbytku. Investor měl pochybnosti o vhodnosti návrhu i provedení střechy. Konstrukci reklamoval u generálního dodavatele. Přizvaný přední český znalec z oboru střešních konstrukcí připustil teoretickou možnost těsnosti střechy vůči srážkové vodě. Z praktického hlediska systém, kde



je nutno kvůli minimálnímu sklonu těsnit vůči riziku průsaku vody kilometry styků plechů, stejně jako desetitisíce hlav šroubů, odμίtl. Dodavatel systému s podaným názorem nesouhlasil.

Jak je tomu doopravdy?

V této věci stojíme před mnoha otázkami. V obecném pohledu by bylo zajímavé vědět, co vedlo autory systému až k této technické exhibici.

Určitě si byli rizik propustnosti střešní krytiny vědomi. Stáli o uplatnění tvarovaných plechů na střechách malých sklonů za každou cenu? Věřili např. v jejich výhodnou trvanlivost oproti jiným systémům?

Či se za těmito snahami skrývá pokrok ve vývoji tmelů a jeho demonstrace? Jakou lze vůbec očekávat trvanlivost těsnicí hmoty? Jak se bude střecha po letech z tohoto hlediska udržovat? Jak se bude měnit těsnost proniků šroubů krytinou vůči srážkové vodě, když víme, jak jsou v těchto systémech kotevní prvky extrémně namáhány neodstranitelnými pohyby dlouhých krytinových prvků?

Nebo jiný okruh otázek:

Jak se bude střecha v delším časovém horizontu chovat z hlediska difúze a kondenzace vodní páry? Stačí parotěsný efekt fóliového systému na prakticky absolutní parotěsnost plechu? Vyhovuje stykování parotěsných pásů pouze přeložením a sesponkováním?

Nebo problém zabudované a zateklé vody. Jak se bude voda proniklá do termoizolační vrstvy ze skladby odstraňovat? Parotěsná vrstva totiž není odvodněna. Střecha nemá hydroizolační pojistku.

Přehlédnout nelze ani bezspádovou koncepci žlabů. Vadí téměř trvalý výskyt vody ve žlabech v místech neodstranitelného průhybu konstrukcí, jsou-li vtoky „na kopečku“? Jak často bude nutno žlaby čistit? Osvědčí se nezbytná dilatace žlabů vloženými pružnými pásy? Jak budou korespondovat pohyby žlabů s okolními vetknutými plechy? Dojde-li k úplnému zaplavení žlabů srážkovou vodou při přívalových deštích, bude přilehlá zaplavená krytina těsná vůči hydrostatickému tlaku?

Nebo jiný problém. Problém identifikace defektních míst na krytině propouštějící srážkovou vodu. Na použitých materiálech voda nezanechává stopy. Snad to bude možné zjistit podle průvěsu parotěsné zábrany, vyplněné jako vak vodou.

Rojících otázek je mnoho. Doposud jsme byli zvyklí se takovýmito obtížím vyhnout. Plechové krytiny se navrhovaly ve sklonu. Těsnost styků zajišťoval sklon a přesah prvků krytiny, příp. tvarové řešení styků. Styky se obvykle netěsnily. Skladby byly koncipovány jako větrané dvoupláště, a to ve snaze vyhnout se problémům s kondenzací vodní páry.

V popisovaném případě je všechno jinak.

Klademe si otázku, budeme schopni se oprostít od zažitě tradice a systém objektivně posoudit?

Nezaspali jsme, pokud jsme se už dávno nedali také těmito konstrukčními cestami?

Určitě mnohé napoví zkušenost získaná na popisované stavbě. Ale abychom si to nezjednodušovali. Stavba má kromě přímé aplikace systému i místa atypická, řešená jinak než v základním systému. Nesouvisí problémy s těmito místy? A konečně co poradíme investorovi? Má být klidný, s vědomím, že nedostatky konstrukce jsou odstranitelné a po opravách již žádné problémy se střešou mít nebude, a nebo má požadovat zásadní nápravný zákrok či novou konstrukci?

Člověku se z toho tají dech. Kolik otázek si může nad stavební konstrukci klást. Jak velké umění je stavění.

Nepochybně v hledání odpovědi na položené otázky může být velmi cenným přínosem zkušenost odborné veřejnosti.

<KUTNAR>

foto: Kutnar





06



07



08



09

- 01 | Plochá střecha s krytinou z tvarovaných plechů se styky těsněnými tmelem, odvodňovaná bezspádovým mezistřeším žlabem.
- 02 | Veškeré styky prvků krytiny těsněny tmelovými pásky a staženy šrouby.
- 03 | Sejmutý a odklopený pás krytiny v kontrolovaném místě.
- 04 | Zbytky tmelu na kontaktních plochách krytiny po odklopení jednoho krytinového pásu (odklopený pás vlevo).
- 05 | Dilatace žlabu.
- 06 | Vzájemné tmelení jednotlivých prvků systému u žlabu se zavedenou parotěsnou zábranou do styku.
- 07 | Rozkrytí tepelné izolace až na parotěsnou zábranu.
- 08 | Vzorek parotěsné zábrany vyříznutý z místa spoje pásů.
- 09 | Spojení pásů parotěsné zábrany přehybem a sponkováním.

# NÁVRH HORNÍHO OSVĚTLENÍ HAL

V SOUČASNÉ DOBĚ DOCHÁZÍ K VÝSTAVBĚ A REKONSTRUKCI VELKÉHO MNOŽSTVÍ RŮZNÝCH DRUHŮ HAL PRO SKLADOVÉ, VÝROBNÍ, PRODEJNÍ, SERVISNÍ A JINÉ ÚČELY. JEDNOU ZE ZÁKLADNÍCH ČÁSTÍ PROJEKTU HALY MUSÍ BÝT I NÁVRH OSVĚTLOVACÍCH OTVORŮ A POSOUZENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ. NÁVRH DENNÍHO OSVĚTLENÍ SE ŘEŠÍ JIŽ OD POČÁTEČNÍHO STADIA PROJEKTU PŘI VOLBĚ OBJEMOVÉHO, KONSTRUKČNÍHO A DISPOZIČNÍHO USPOŘÁDÁNÍ. JIŽ V TÉTO FÁZI JE NUTNÉ ZNÁT ÚČEL HALY, TO ZNAMENÁ, JAKÉ ZRAKOVÉ ČINNOSTI SE BUDOU V BUDOVĚ PROVOZOVAT A V JAKÉ ČÁSTI PŮDORYSU BUDOU KONKRÉTNĚ PROVOZOVÁNY. DÁLE JE NUTNÉ UVAŽOVAT V SOUVISLOSTI S NÁVRHEM POLOHY A TYPU OSVĚTLOVACÍCH OTVORŮ S TÍM, ŽE NĚKTERÁ VNITŘNÍ TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ NEBO VESTAVBY MOHOU OMEZOVAT PRONIKÁNÍ DENNÍHO SVĚTLA NA PRACOVNÍ MÍSTA.



Haly jsou ve velkém množství případů půdorysně rozsáhlé stavby a je zde často nutné přistoupit k návrhu nejen bočních, ale i horních osvětlovacích otvorů, tzv. světlíků. Osvětlovacími otvory – tedy i světlíky – se do interiéru budovy dostává nejen světlo, ale i tepelné záření, které způsobuje nežádoucí zvyšování teploty vzduchu v interiéru. Pokud se zanedbá podrobné posouzení vhodného tvaru světlíku a výplní otvorů, nastává problém s přehříváním interiéru. V dalším textu se chceme věnovat úvahám, jak navrhovat horní osvětlení a zároveň splnit všechny požadavky z hlediska denního osvětlení a tepelné techniky.

## POŽADAVKY

### DENNÍ OSVĚTLENÍ PRŮMYSLOVÝCH BUDOV

Na pracovištích je nutné navrhnout vyhovující denní osvětlení, což je uvedeno ve Sbírce zákonů ve vyhlášce číslo 137/1998 *O obecných technických požadavcích na výstavbu*.

Stanovení požadavků na konkrétní činnosti je řešeno v normě ČSN 73 0580-4 *Denní osvětlení budov Část 4: Denní osvětlení*

*průmyslových budov* z roku 1994. Na pracovním místě musí být vyhovující denní osvětlení v závislosti na druhu činnosti. Obecně se požadavky na denní osvětlení vyjadřují pomocí činitele denního osvětlení (dále č.d.o.). Základní požadavky jsou následující:

- Vždy je nutné splnit minimální hodnotu činitele denní osvětlenosti v kontrolním bodě (pracovním místě).
- V případě bočního osvětlení je nutné splnit požadavek na rovnoměrnost denního osvětlení, která se určuje jako podíl minimální a maximální hodnoty činitele denního osvětlení ve funkčně vymezené části půdorysu.
- V případě převažujícího horního osvětlení nad osvětlením bočním je třeba navíc splnit průměrnou hodnotu v posuzovaných bodech.

V tabulce 01 jsou uvedeny požadavky pro základní třídy zrakové činnosti.

### SDRUŽENÉ OSVĚTLENÍ PRŮMYSLOVÝCH BUDOV

V případě, že není ze závažných příčin (provozních, technologických, stavebně-konstrukčních, mikroklimatických) možné bez újmy

na jiných společensky důležitých činitelích stavby docílit vyhovujícího denního osvětlení, je možné použít tzv. celkové sdružené osvětlení. Jedná se o současné osvětlení denním světlem a doplňujícím místním umělým osvětlením. Toto řešení lze použít i v případě trvalého pobytu osob. Nejedná se ale o plnohodnotnou náhradu denního osvětlení, ale efekt celkového sdruženého osvětlení pro pracovníky významně lepší, než pouhé osvětlení umělé. Požadavky jsou stanoveny v ČSN 36 0020-1 *Sdružené osvětlení Část 1: Základní požadavky /tabulka 02/*.

### TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI V LETNÍM OBDOBÍ

V ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky* jsou stanoveny požadavky na tepelnou stabilitu objektu. V halách se ukazuje jako zásadní požadavek na tepelnou stabilitu v letním období, kdy kritická místnost musí vykazovat maximální daný vzestup teploty /tabulka 03/.

Největší vliv na vzestup této teploty mají osvětlovací otvory, zejména vodorovné (střešní světlíky). Požadavek na tepelnou stabilitu je protikladem k požadavku na denní

Tabulka 01 – Požadavky pro vybrané třídy zrakové činnosti dle ČSN 73 0580-4

Třída	Činnost	Minimální hodnota č.d.o.	Průměrná hodnota č.d.o.	Příklady práce
IV.	Středně přesná výroba a kontrola, obsluha strojů atd.	1,5%	5% (3%*)	Expedice náročného materiálu, běžné laboratoře, válcování jemných plechů, strojní obrábění, montáž nábytku, natírání, broušení
V.	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem	1%	3% (2%*)	Hrubé třídění materiálu, hrubá kontrola (činnost strojů), měření (tolerance nad 1 mm), hrubé tváření a lití, hrubé obrábění (kámen, dřevo), svařování plamenem

\* Pozn.: Hodnotu v závorce je nutné dodržet v případě, že je spodní hrana bočního osvětlovacího otvoru výše než 2 m nebo je v dané funkčně vymezené části haly realizován trvalý pobyt lidí.

Tabulka 02 – Požadavky pro vybrané třídy zrakové činnosti dle ČSN 36 0020-1

Třída	činnost	Minimální hodnota č.d.o.	Průměrná hodnota č.d.o.
IV.	Středně přesná výroba a kontrola, obsluha strojů atd.	0,5%	1,5%
V.	Hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem	0,5%	1%

Tabulka 03 – Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období dle ČSN 73 0540-2

Okrajové podmínky v interiéru	Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období [°C]
Vnitřní zdroj tepla do 25 W/m <sup>3</sup> včetně	7,5
Vnitřní zdroj tepla nad 25 W/m <sup>3</sup>	9,5
Budovy s klimatizací	12

Tabulka 04 – Maximální šířka modelové haly pro vyhovující denní osvětlení

Šířka haly v [m]	Umístění bočních osvětlovacích otvorů
Do 15	Jednostranné
Do 30	Oboustranné

osvětlení pracoviště, který by vedl ke snaze mít osvětlovací otvory co největší.

Tedy při volbě rozměrů, typu výplně, umístění a orientaci osvětlovacích otvorů ke světovým stranám je třeba zároveň zohlednit požadavky na denní osvětlení a tepelnou stabilitu a zvolit optimální variantu.

## OBECNÉ ZÁSADY NÁVRHU OSVĚTLOVACÍCH OTVORŮ

### NÁVRH BOČNÍHO OSVĚTLENÍ

Pokud není pracoviště situováno uvnitř dispozice haly, ale jen podél

obvodových stěn, navrhují se nejčastěji boční osvětlovací otvory. Ty zajistí optický kontakt pracovníka s okolním prostředím. Pokud by vyhovující denní osvětlení v celém půdorysu haly mělo být realizováno pouze bočním osvětlením, je šířka haly omezena mnoha faktory, jako např. maximální možnou velikostí oken, okolní zástavbou, třídou zrakové činnosti atd. V tabulce /04/ jsou uvedeny maximální šířky modelové haly o světlé výšce 6 m s bočním osvětlením pásovým oknem vysokým 2 m s výplní ze 4 komorového dutinového polykarbonátu Multiclear výrobce

ARLA PLAST. Délka haly je neomezená. Hodnoty byly stanoveny na základě výpočtu denního osvětlení pro IV. třídu zrakové činnosti v celém půdorysu haly.





### NÁVRH HORNÍHO OSVĚTLENÍ

#### Obecně

Při větších šířkách hal nebo při vyšších nárocích na třídu zrakové činnosti je nezbytné v místech s trvalou pracovní činností realizovat horní osvětlení, které zajistí vyhovující osvětlení.

Často se při výpočtech denního osvětlení stává, že s ohledem na

Tabulka 05 – Základní typy světlíků

Orientace hlavních ploch	Název	Fotografie	Popis
Zenitní	<b>BODOVÝ</b>		Lze použít prakticky ve všech místech stavby, bez vážných stavebních a konstrukčních změn. Lze ho použít nad jednotlivými bodovými pracovišti, díky jeho rozměrům nedochází k tak významným tepelným ziskům. Jeho použití je omezeno rozměry, v případě návrhu půdorysně velkého bodového světlíku se již vyplatí použití druhu jiného
	<b>PÁSOVÝ OBLOUKOVÝ</b>		Zajistí dostatečné množství denního světla v hale. Obloukový světlík zmenší oproti standardnímu sedlovému plochu prosklení cca o 1/3 a adekvátně sníží tepelné úniky. Vzhledem k ploše zasklení a jednoduché konstrukci se jedná v porovnání s jinými typy pásových světlíků o ekonomicky velmi výhodnou variantu.
	<b>PÁSOVÝ SEDLOVÝ</b>		Sedlový světlík se používá všude tam, kde není možné použít obloukový způsob konstrukce. Sedlový světlík je ale všeobecně ekonomicky nákladnější než světlík obloukový. U světlíku je možné částečně snížit vliv slunečního záření správnou orientací ke světovým stranám. V případě, že máme světlík vhodně orientovaný (podélná osa směřuje ve směru východ-západ), je možné na zasklení směřující na jih použít tmavé polykarbonátové desky Multiclear, které významně zamezí průniku slunečních paprsků do interiéru. Na druhé straně světlíku je možno použít čiré desky a tím zvýšit prosvětlení interiéru.
Boční	<b>PÁSOVÝ LUCERNOVÝ</b>		Lucernový světlík má osvětlovací otvory orientované svisle na dvě protější světové strany. Součástí jeho konstrukce je vodorovné zastřešení, které brání přímému pronikání slunečních paprsků do interiéru. Vzhledem ke svislé orientaci prosklených ploch lze použít větší plochu zasklení než u světlíků zenitních Díky tomu dosáhneme většího prosvětlení interiéru haly. Světlík je cenově nákladnější než obloukový nebo sedlový.
	<b>ŠEDOVÝ</b>		Světlík má osvětlovací plochu orientovanou na jednu světovou stranu (nejlépe severní). Velká plocha zasklení umožňuje dosažení vysokých hodnot činitele denní osvětlenosti, výhodný poměr jasů a kontrastů, stálost a rovnoměrnost osvětlení v objektu. Neprůsvitná konstrukce světlíku chrání objekt před přímým slunečním zářením. Světlík je ekonomicky nákladnější než obloukový a sedlový. Velká plocha zasklení má za následek poměrně velké energetické ztráty objektu, proto je nutné použít např. zasklení s dobrými tepelně-technickými vlastnostmi.

letní stabilitu haly není složité splnit minimální požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti, ale problémem bývá s dodržением průměrných požadovaných hodnot. V případě, že pro danou třídu zrakové činnosti není s ohledem na letní stabilitu haly splněn požadavek na denní osvětlení, bývá ve většině případů uplatněn požadavek alespoň na osvětlení sdružené.

### Typy světlíků

V průběhu historického vývoje vzniklo mnoho typů a tvarů světlíků v závislosti na konstrukčních systémech hal a potřebách provozů. Některé z nich uvádíme v tabulce /05/.

### Materiál výplně otvorů

V minulosti byly světlíky i boční okenní otvory zasklené drátosklem. Zasklení jedním drátosklem se vyznačuje vysokou hodnotou součinitele prostupu tepla, což v zimě zapříčiňuje vysoké energetické ztráty. Většina průmyslových provozů v halách byla mnohem prašnější než dnes, světlíky se rychle znečišťovaly. Tím pádem se snižoval prostup záření do interiéru. Drátosklo se navíc v létě z vnější strany obvykle natíralo vápnem. Je nutné si také uvědomit, že v minulosti nebyly stanoveny tak přísné požadavky na denní osvětlení a letní stabilitu.

V současné době jsou pro „zasklení“ velice oblíbeny dutinkové polykarbonátové desky, a to jak pro svislé osvětlovací otvory, tak i pro střešní světlíky. Polykarbonátové desky mají velmi dobré mechanické, tepelně-technické a optické vlastnosti, což z nich dělá ideální materiál pro všestranné použití. V případě rekonstrukcí osvětlovacích systémů starých hal je výhodný z energetického hlediska, díky své nízké hmotnosti i z hlediska statického. Výhodou polykarbonátových desek je jejich možnost ohýbání za studena, což umožňuje realizaci v současnosti nejpoužívanějšího obloukového světlíku.

*V sortimentu společnosti DEKTRADE jsou novinkou dutinkové polykarbonátové desky Multiclear výrobce ARLA PLAST.*





Propustnost světla u čirých desek Multiclear je v rozmezí 80 – 50 %. Světlo prostupující polykarbonátovou deskou je oproti prostupu čirým sklem více difúzně rozptýleno. Polykarbonátové desky Multiclear mají součinitel prostupu tepla dosahující hodnoty až 1,5 W/m<sup>2</sup>K. Dalším významným ukazatelem desek je celková propustnost slunečního záření, která může významně ovlivnit výsledný vzestup teploty v letním období. Pro případy, kdy potřebujeme snížit pronikání slunečních paprsků do interiéru, je možné použít tmavší variantu desky Multiclear. Propustnost slunečního záření se tak sníží až o 30%.

#### PRINCIP NÁVRHU SVĚTLÍKŮ DLE PLATNÉ LEGISLATIVY

O návrhu světlíků je psáno v normě ČSN 73 0580-4 následující:

- Světlíky s oboustrannými průsvitnými plochami (např. sedlové, obloukové) se orientují pokud možno podélnou osou ve směru východ-západ. Pokud jsou asymetrické, orientují se větší plochou k severu;
- Světlíky s jednostrannými průsvitnými plochami (např. šedové) se orientují k severu, s možnou odchylkou k severovýchodu nebo severozápadu;
- Výplně průsvitných ploch světlíků se navrhují přednostně z materiálů alespoň částečně rozptylujících světlo, aby se tím omezil přímý prostup slunečního světla. Přitom se dbá na to, aby se rozptylné plochy průsvitné plochy světlíků nedostávaly do blízkosti obvyklého směru pohledu pracovníků.

Vnitřní prostory musí být chráněny proti nepříznivému účinku slunečních paprsků. Toho se docílí vhodnou volbou umístění, tvaru, sklonu a orientace osvětlovacích otvorů. Možnosti jsou řešeny v tabulce /06/ převzaté z výše uvedené normy.

Tabulka 06 – Návrh světlíků v závislosti na druhu činnosti dle ČSN 73 0580-4

Druhy vnitřních prostorů a činnosti	Vyhovující řešení osvětlovacích otvorů
Hrubá práce bez stálého místa	Zenitní světlíky (např. obloukové) s čirým zasklením, světlíky s oboustrannými otvory o sklonu 60° ale menším než 90°
Hrubé práce na stálých místech	Zenitní světlíky (např. obloukové) s částečně rozptylným zasklením, světlíky s oboustrannými otvory o sklonu větším než 60° ale menším než 90°
Středně náročná práce, přesná montáž	Lucernové světlíky, šedové světlíky orientované k severu se sklonem 45 – 60°, rozptylné zenitní světlíky
Náročná výroba, střední požadavky na stabilitu mikroklimatu	Šedové světlíky k severu o sklonu 60 – 75°, k severovýchodu nebo severozápadu o sklonu 75 – 90°
Prostory s vysokými požadavky na stabilitu mikroklimatu	Šedové světlíky se sklonem k severu
Požadavek na úplné vyloučení přímého slunečního záření	Zvlášť cloněné a chráněné osvětlovací otvory



## DISKUZE ŘEŠENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ VÝROBNÍ HALY

K modelovým výpočtům využijeme výrobní halu, která má půdorysné rozměry 48 x 19 m. V roce 2000 jsme řešili rekonstrukci její střechy a světlíku. V původním stavu bylo v delší stěně orientované na sever umístěno pásové okno z jednoduchého drátoskla, na střeše se nacházel v podélné směru pásový sedlový světlík s výplní z jednoduchého skla.

Modelové výpočty mají vést k návrhu vhodných osvětlovacích otvorů pro dosažení světlé pohody s využitím denního osvětlení při současném splnění požadavků na letní stabilitu haly (maximální možný vzestup teploty je 7,5°C), jsou provedeny bez vlivu okolních budov.

V hale je v celé půdorysné ploše realizována trvalá pracovní činnost, a to nejvýše IV. třídy zrakové činnosti. V hale se nenachází významné vnitřní zdroje tepla.

POSOUZENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ PŘI NÁHRADĚ PŮVODNÍHO SEDLOVÉHO SVĚTLÍKU SVĚTLÍKEM OBLOUKOVÝM S POLYKARBONÁTOVOU VÝPLNÍ MULTICLEAR

S ohledem na současné tepelně-technické požadavky bude nejprve v návrhu nahrazeno stávající zasklení materiálem s lepšími tepelně-technickými parametry,

a to polykarbonátovými deskami Multiclear. Dle požadavku investora bude v první fázi návrhu sedlový světlík nahrazen světlíkem obloukovým. Oběma těmito konstrukcemi světlíků prostupuje do interiéru přibližně stejné množství denního světla.

Z obr. /01/ vyplývá, že celý trakt je dostatečně prosvětlen a kromě minimální hodnoty vyhovuje i průměrná hodnota (6,1 %) požadavku na IV. třídu zrakové činnosti.

Z hlediska teplotní stability jsme výpočtem zjistili, že vzestup teploty v letním období je přibližně 14°C, což překračuje požadovanou hodnotu 7,5°C.

HLEDÁNÍ MINIMÁLNÍCH ROZMĚRŮ A OPTIMÁLNÍ POLOHY OBLOUKOVÉHO SVĚTLÍKU PRO VYHOVUJÍCÍ ČINITEL DENNÍHO OSVĚTLENÍ PRO IV. TŘÍDU ZRAKOVÉ ČINNOSTI

V další části návrhu nás zajímá, jaká minimální půdorysná plocha obloukového světlíku zajistí splnění požadavku na denní osvětlení pro IV. třídu zrakové činnosti. Abychom dosáhli lepšího rozložení denního osvětlení, je vhodné (pokud je to možné ze statického hlediska) posunout světlík ze středu místnosti blíže k zadní stěně, protože přední část místnosti nám prosvětluje boční okenní otvor. Jak již bylo jednou řečeno, problémem není splnit minimální hodnoty činitele

denní osvětlenosti, ale výslednou požadovanou hodnotu průměrnou (5%).

Výpočty byly provedeny jak pro variantu s čirými, tak i pro variantu s tmavými polykarbonátovými deskami Multiclear. V jednom případě se uvažuje s podélným obloukovým světlíkem v optimalizované poloze a v druhém případě s příčnými obloukovými světlíky.

PODÉLNÉ OBLOUKOVÉ SVĚTLÍKY

Výpočtem bylo zjištěno, že minimální šířka podélného světlíku je 1,5 m, což je půdorysná plocha 60 m<sup>2</sup>. Vzestup teploty v letním období je přibližně 10°C, což stále překračuje požadovanou hodnotu 7,5°C.

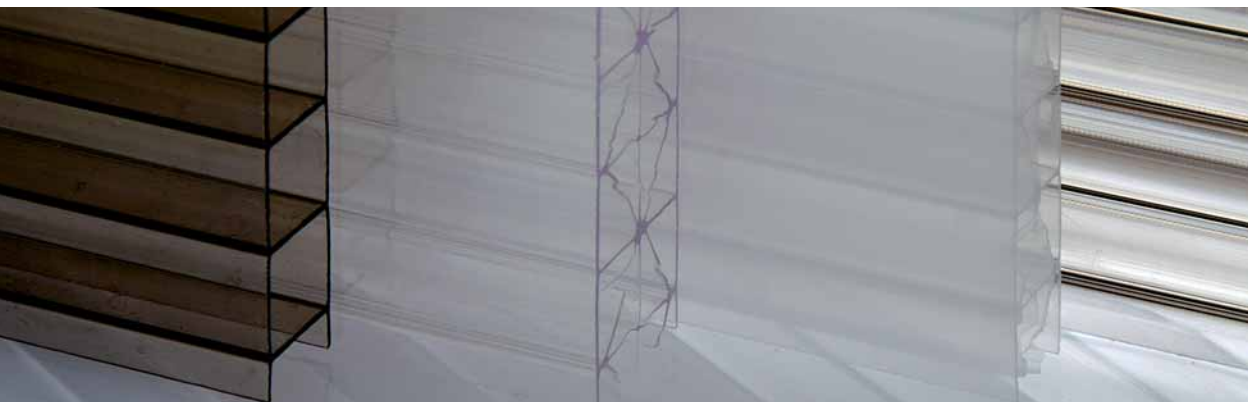
PŘÍČNÉ OBLOUKOVÉ SVĚTLÍKY

Vyhovující denní osvětlení pro danou zrakovou třídu vychází pro 6 příčných světlíků o půdorysných rozměrech 6,5 x 1,5 m. Výsledná půdorysná plocha je opět 60 m<sup>2</sup>, což znamená stejný vzestup teploty v letním období.

Výsledky výpočtů jsou shrnuty v tabulce /07/.

STANOVENÍ MAXIMÁLNÍ PŮDORYSNÉ PLOCHY SVĚTLÍKU S OHLEDEM NA LETNÍ STABILITU MÍSTNOSTI

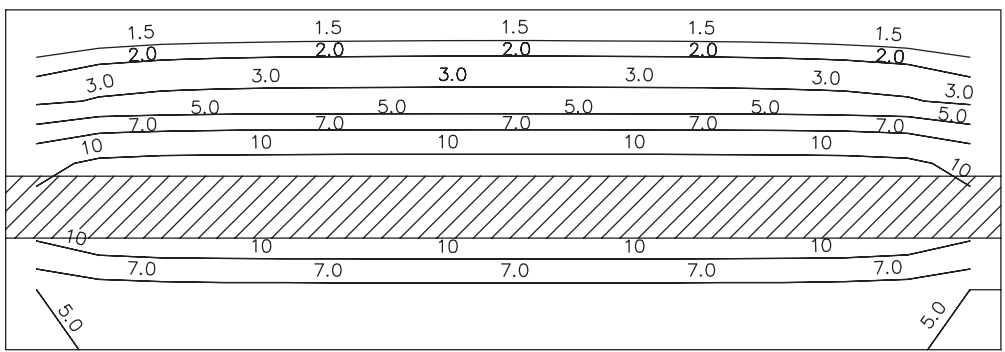
Na vzestup teploty v letním období má největší vliv plocha



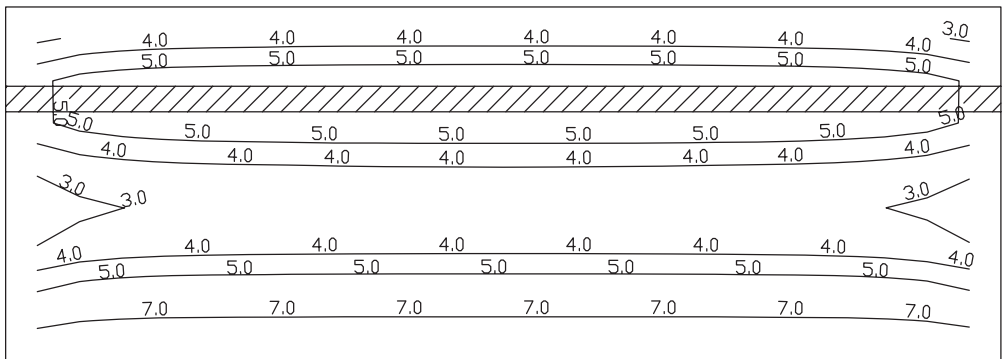
[www.arlaplast.se](http://www.arlaplast.se)

POLYKARBONÁTOVÉ PROSVĚTLOVACÍ  
DUTINOVÉ A PLNÉ DESKY  
**MULTICLEAR**

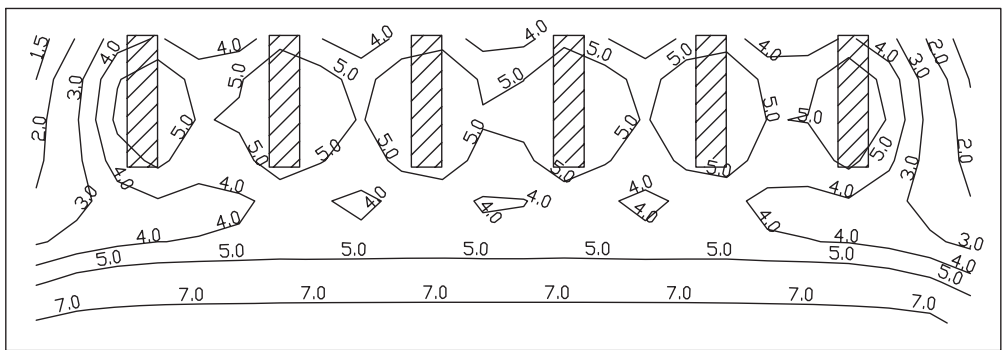
BLIŽŠÍ INFORMACE NA VŠECH POBOČKÁCH DEKTRADE



01



02



03

01 | Průběh izofot – náhrada původního sedlového světlíku obloukovým

02 | Průběh izofot – vyhovující denní osvětlení s podélným obloukovým světlíkem

03 | Průběh izofot – vyhovující denní osvětlení s příčnými světlíky

Tabulka 07 – Hala s obloukovými světlíky a vyhovujícím denním osvětlením

Plocha zasklení střešního světlíku** Čirý (tmavý) [m <sup>2</sup> ]	Orientace střešních světlíků (počet kusů)	Typ polykarbonátové desky tvořící zasklení světlíku				Vzestup teploty [°C] - čirý (tmavý) - posouzení	Vyhovující třída zrakové činnosti
		čirá		tmavá			
		Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Minimální hodnota	Průměrná hodnota		
140	Obloukový podélný	1,5	6,1	1	4,2	14 (11,5) nevyhovuje	IV. a vyšší
60 (100)	Obloukový podélný	3,5*	5	3	5	9 (9,5) nevyhovuje	IV. a vyšší
60 (100)	Obloukový příčný (6x)	3,5	5	3	5	9 (9,5) nevyhovuje	IV. a vyšší

\* Pozn.: Minimální hodnota je příznivější z důvodu změny polohy světlíku

\*\* Pozn.: Půdorysná plocha světlíku

Tabulka 08 – Maximální plochy zasklení světlíků při vyhovující letní stabilitě haly

Typ světlíků včetně orientace	Maximální plocha zasklení	
	Typ polykarbonátu Multiclear	
	Čirý	Opál
Obloukové	40 m <sup>2</sup> *	60 m <sup>2</sup> *
Lucernové (orientace sever-jih)	140 m <sup>2</sup>	- **
Šedové (orientace na sever)	180 m <sup>2</sup>	- **

\* Pozn.: Půdorysná plocha světlíku

\*\* Pozn.: Očekáváme, že vyhovující denní osvětlení a současně dodržení maximálního požadovaného vzestupu denní teploty v letním období dosáhneme s použitím čirých polykarbonátových desek.

Tabulka 09 – Výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti pro zvolené světlíky

Plocha zasklení střešního světlíku Čirý (opál) [m <sup>2</sup> ]	Orientace střešních světlíků (počet kusů)	Typ polykarbonátové desky Multiclear tvořící zasklení světlíku				Vzestup teploty [°C] a posouzení	Vyhovující třída zrakové činnosti
		čirá		opál			
		Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Minimální hodnota	Průměrná hodnota		
40 (60)*	Obloukový podélný	2,7	4,3	2,5	4,2	7,5 vyhovuje	V. a vyšší
40 (60)*	Obloukový příčný (6x)	2,5	4,2	2,5	4,1	7,5 vyhovuje	V. a vyšší
140	Podélný lucernový (1x)	2	5,1	-	-	7,5 vyhovuje	IV. a vyšší
100	Podélné šedové světlíky (3x)	3,2	5,5	-	-	6,2 vyhovuje	IV. a vyšší

\* Pozn.: Půdorysná plocha světlíku

horních osvětlovacích otvorů. Výpočtem byla stanovena maximální půdorysná plocha světlíků s čirými polykarbonátovými deskami Multiclear a v některých případech také s tmavými polykarbonátovými deskami, vše při zachování plochy původního bočního osvětlení zasklené čirými polykarbonátovými deskami. Kromě konstrukce obloukových světlíků byly použity v návrhu i konstrukce další, konkrétně světlík lucernový (vzdálenost bočních prosvětlovacích otvorů světlíku 2 m, 1 podélný světlík pro celou halu) a šedový (3 podélné světlíky pro celý trakt) se severní orientací prosvětlovacích otvorů (úhel zasklení 45°).

Maximální půdorysné plochy zvolených světlíků jsou uvedeny v tabulce /08/.

Všechna navržená řešení jsou shrnuta v tabulce /09/

#### CELKOVÉ VYHODNOCENÍ NÁVRHU OSVĚTLOVACÍCH OTVORŮ MODELOVÉ HALY

Při dodržení maximálního možného prosklení s ohledem na letní stabilitu nelze s použitím obloukových světlíků s čirými polykarbonátovými deskami splnit průměrnou hodnotu činitele denního osvětlení pro IV. třídu zrakové činnosti (5%). Pokud navrhneme místo čirých desky tmavé, je možné použít s ohledem na letní stabilitu větší plochu zasklení. Ani v tomto případě nedosáhneme vyšší osvětlenosti interiéru.

V případě, že bude v hale realizována méně náročná třída zrakové činnosti, budou vyhovující všechny varianty s obloukovými světlíky s plochou zasklení splňující požadavky na letní stabilitu i při použití tmavého polykarbonátu. Použití tmavého polykarbonátu umožní omezení působení přímého slunečního záření na pracovníky. Uvedené závěry pro obloukové světlíky lze použít obecně i pro jiné druhy zenitních světlíků. Jestliže chceme dosáhnout u obloukového světlíku požadovaného denního osvětlení pro IV. třídu zrakové činnosti, a to včetně průměrné hodnoty, musíme navržený světlík kombinovat s dalšími technickými



a technologickými opatřeními:

- Jedním z dalších opatření je návrh klimatizace. Z tabulky /03/ vyplývá, že při použití klimatizace lze v hale připustit vyšší vzestup teploty v letním období, tedy osvětlovací otvory mohou být větší. U tohoto návrhu je nutné vzít v úvahu počáteční a provozní náklady na klimatizaci.
- Možným řešením je návrh aktivních stínících prvků (např. žaluzie), které v letním období zajistí dostatečné stínění interiéru. Podmínkou je, aby bylo možno ve dnech se zataženou oblohou žaluzie otevřít, popř. lamely

natočit do vyhovujícího směru.

I v tomto případě je nutné uvažovat s finančními náklady na pořízení, provoz a údržbu žaluzií.

Pokud hledáme řešení v konstrukci světlíku bez dalších opatření, musíme zvolit jinou konstrukci světlíku než oblouk. Požadované parametry denního osvětlení lze splnit s například s šedovým nebo lucernovým světlíkem, kde zasklené plochy jsou orientovány tak, aby byl vliv slunečního záření omezen nebo vyloučen. Plocha zasklení musí být pro dosažení stejného denního osvětlení v hale větší, než u světlíku obloukového. Samotná

konstrukce těchto typů světlíků bude pochopitelně nákladnější než konstrukce světlíku obloukového.

## REKONSTRUKCE SVĚTLÍKŮ

Hlavním důvodem provádění rekonstrukce světlíků, kromě zatékání a technického stavu je snížení součinitele prostupu tepla konstrukce. Z tohoto hlediska jsou polykarbonátové desky Multiclear obzvláště výhodné. Výměna zasklení je často komplikovaná a jednodušším řešením bývá provedení nového světlíku včetně nosné konstrukce. Zásah do nosné



konstrukce stávajících světlíků bývá také často vyvolán dodatečným zateplením střechy vedoucím ke zvýšení povrchu střechy v okolí světlíku.

V minulosti se nejčastěji realizovaly světlíky sedlové. Obdobně denní osvětlení jako se světlíkem sedlovým dosáhneme i se světlíkem obloukovým. Denní osvětlení a tepelná pohoda se změně v závislosti na použitém typu polykarbonátových desek (obecně lze říci, že jednokomorové desky propustí tolik světla a slunečního záření jako drátosklo a čím jsou desky silnější, tím méně světla a slunečního záření propustí). Z toho vyplývá, že návrhem obloukového světlíku místo světlíku sedlového se zasklením o stejných optických parametrech nedojde k významným změnám hodnot denního osvětlení a původní světlíky sedlové lze nahradit novou konstrukcí světlíku obloukového o stejných rozměrech v případě, že stávající úroveň denního osvětlení je vyhovující.

## SHRNUTÍ

Při návrhu osvětlovacích otvorů hal musíme řešit vždy současně splnění požadavku na maximální vzestup vnitřní teploty v letním období, požadavku na hodnoty činitele denní osvětlenosti a požadavku na tepelné technické parametry světlíku. Splnit požadavek na denní osvětlení haly lze vhodnou volbou velikosti světlíku. Velikost světlíku je nejvíce limitována požadavkem na maximální vzestup vnitřní teploty v letním období.

U sedlových a obloukových světlíků nelze ve většině případů bez ohledu na materiál zasklení dosáhnout splnění všech kritérií bez použití klimatizace nebo stínících prvků. Tento závěr lze zobecnit pro všechny typy zenitních světlíků. Řešením bez dalších opatření jsou světlíky s jinou orientací prosvětlovacích ploch, a to světlíky lucernové a nejlépe šedové se severní orientací. Zejména u správně navrženého šedového

světlíku není problémem požadavky na denní osvětlení a vzestup teploty v letním období splnit.

Jako výplně světlíků lze univerzálně do všech typů světlíků použít polykarbonátové desky. Tento materiál je vhodný z hlediska nízkého součinitele prostupu tepla, dobrých mechanických vlastností (nízká hmotnost, ohebnost) a optických vlastností.

Každou halu je nutné z hlediska denního osvětlení a letní tepelné stability individuálně posoudit.

<Pavel Štajnrt>

< Ctibor Hůlka >

foto:

Jaroslav Nádvorník

Petr Nosek

Roman Laník

a archiv zakázek

Atelieru stavebních izolací





**arla**



[www.arlaplast.se](http://www.arlaplast.se)

**POLYKARBONÁTOVÉ  
PROSVĚTLOVACÍ  
DUTINOVÉ A PLNÉ DESKY**

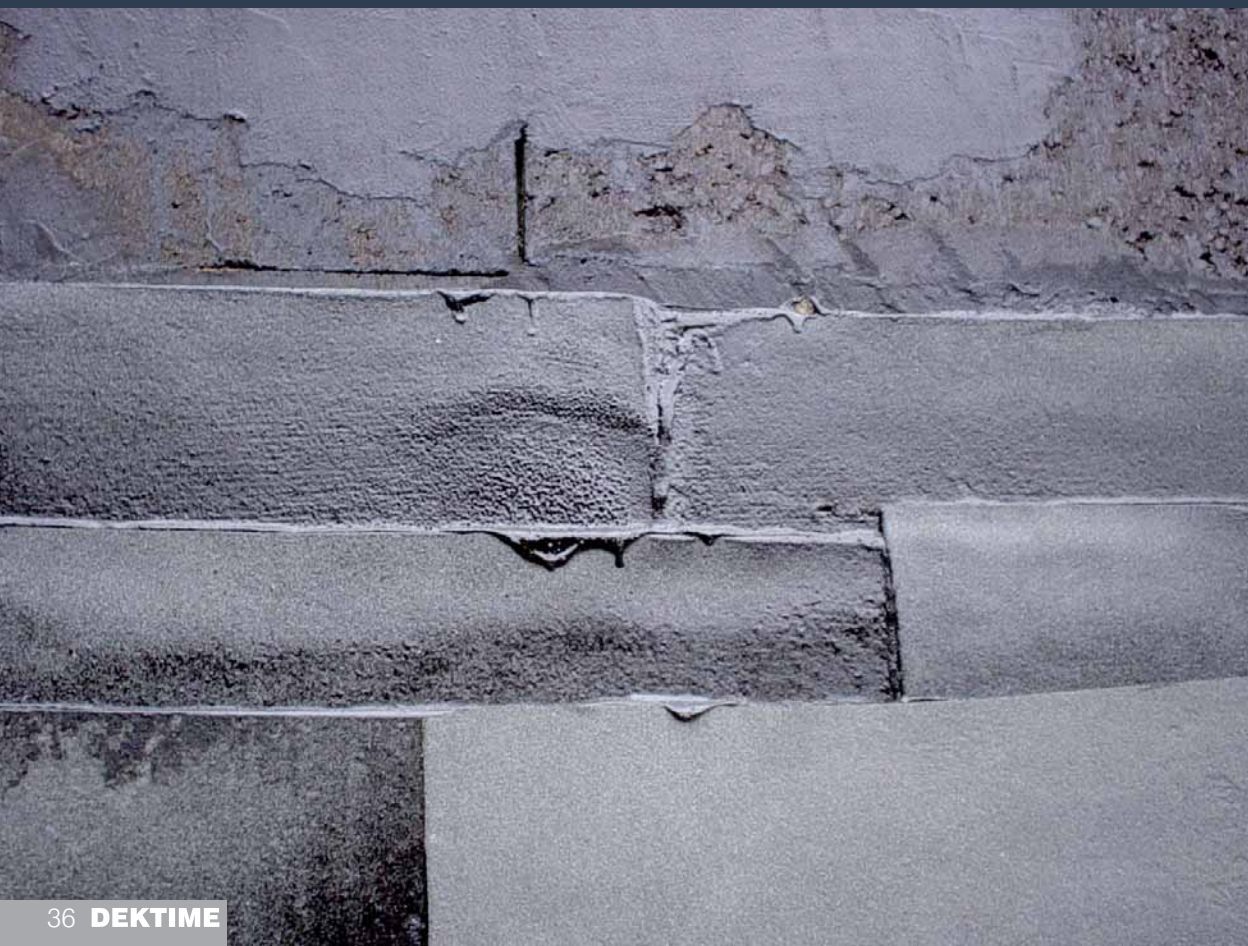
**MULTICLEAR**

BLIŽŠÍ INFORMACE NA VŠECH POBOČKÁCH DEKTRADE

REVIZE ČSN 73 0601

# OCHRANA STAVEB PROTI RADONU Z PODLOŽÍ

PROBLEMATIKOU SPOJENOU S PRONIKÁNÍM RADONU Z PODLOŽÍ SE PODLE „ATOMOVÉHO ZÁKONA“ (ZÁKON Č.18/1997 SB. O MÍROVÉM VYUŽÍVÁNÍ JADERNÉ ENERGIE A IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V PLATNÉM ZNĚNÍ) MUSÍ ZABÝVAT KAŽDÝ, KDO UMISŤUJE STAVBU S POBYTOVÝMI PROSTORY NA STAVEBNÍM POZEMKU NEBO ŽÁDÁ O STAVEBNÍ POVOLENÍ TAKOVÉ STAVBY. POVINNOSTÍ KAŽDÉHO JE V TAKOVÉM PŘÍPADĚ ZAJISTIT STANOVENÍ RADONOVÉHO INDEXU POZEMKU.



Bude-li stavební pozemek zaříděn do kategorie se středním nebo vysokým radonovým indexem, musí být navržena a provedena taková opatření, která povedou ke snížení pronikání radonu do vnitřního ovzduší stavby a zajistí, že objemová aktivita radonu nepřekročí v pobytových prostorech směrnou hodnotu 200 Bq/m<sup>3</sup>. Tato hodnota platí pro projektované a stavěné budovy. Pro zkolaudované stavby platí směrná hodnota 400 Bq/m<sup>3</sup>.



## REVIZE ČSN 73 0601

Postupy pro navrhování a provádění ochrany staveb proti radonu z podlaží se zabývá ČSN 73 0601 *Ochrana staveb proti radonu z podlaží*. Tato norma (spolu s ČSN 73 0602 *Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů*) prošla na počátku roku 2006 revizí, která byla vyvolána změnami některých souvisejících legislativních předpisů, zavedením nové metodiky pro stanovení radonového indexu pozemku a také novými poznatky získanými při vyhodnocování účinnosti provedených protiradonových opatření.

Schválení revize uvedených norem předcházela jednání mezi pracovní skupinou TNK 65 s názvem „RADON“ a zpracovatelem norem. Jednání probíhala na půdě Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. V pracovní skupině „RADON“ působili i zástupci Ateliero stavebních izolací. Text norem se na jednáních podařilo upravit tak, aby byly srozumitelné a použitelné v běžné stavební praxi.

V následujícím textu jsou uvedeny pouze podstatné změny, které se týkají návrhu protiradonových opatření. Pro úplné poznání revidované verze a všech jejích změn a úprav doporučujeme normu důkladně prostudovat.

Zcela nově byla touto revizí zavedena fyzikální veličina radonový index stavby. Dosud se při návrhu protiradonových opatření vycházelo pouze z radonového indexu pozemku, který vyjadřoval radonový potenciál prostředí v hloubce 0,8 m pod povrchem zpravidla

původního, neupraveného terénu. Radonový index stavby vyjadřuje radonový potenciál prostředí na úrovni základové spáry a stanoví se na základě znalosti radonového indexu pozemku, výškové polohy základové spáry, plynopropustnosti zemin a objemové aktivity radonu v zeminách na úrovni základové spáry, způsobu úprav podlaží (hutnění, stabilizace, zřizování propustných vrstev pod objektem) a úrovně hladiny podzemní vody. Radonový index stavby vždy stanovuje projektant na základě uvedených vlivů a okrajových podmínek. Jedním z hlavních podkladů pro jeho stanovení by měl proto být podrobný inženýrsko-geologický průzkum.

V normě jsou již také zakotveny odstavce zakazující použití plastových profilovaných fólií a asfaltových pásů s kovovými výztužnými vložkami jako samostatné protiradonové izolace. Na problematické použití těchto materiálů ve spodních stavebách

jsme upozorňovali již v některých předešlých číslech časopisu DEKTIME (02/2005, 02/2006).

Novinkou je i to, že na protiradonovou izolaci se mohou použít pouze materiály, kterým mají stanoveny nejen součinitel difúze radonu vlastního izolačního materiálu, ale i způsob provedení spoje s uvedeným součinitelem difúze radonu. V revidované normě je již také stanovena jednotná metodika pro měření součinitele difúze radonu protiradonových izolací.

Byla zpřísněna ochrana nových staveb, nachází-li se pod podlahou kontaktního podlaží nevětrané vrstvy o vysoké propustnosti (např. drenážní šterkové vrstvy). V takovém případě je nutná kombinace protiradonové izolace s dalšími opatřeními (větrací systém podlaží, provedení kontaktních konstrukcí s ventilační vrstvou apod.). Taková kombinace je nezbytná i v případě, je-li součástí kontaktní

Budova (místo, ulice, číslo, PSČ):

Kategorie OAR (Bq/m <sup>3</sup> )	Zjištěná hodnota OAR	Zvýšení rizika rakoviny plic o
0 - 100	154 Bq/m <sup>3</sup>	< 15%
101 - 200		15 - 30%
201 - 400		30 - 60%
401 - 800		60 - 120%
801 - 1000		120 - 150%
1001 - 2000		150 - 300%
2001 - 4000		300 - 600%
> 4000		> 600%

**200 Bq/m<sup>3</sup>**  
**Směrná hodnota podle vyhlášky č. 307/2002 Sb.**

OAR v budově splňuje/nespĺňuje směrnou hodnotu podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. Příkon fotonového dávkového ekvivalentu splňuje/nespĺňuje směrnou hodnotu vyhlášky č. 307/2002 Sb.

Tabulky dimenzí protiradonové izolace z materiálů DEKTRADE pro nepodsklepené objekty (komentář na str. 40).

	radonový index pozemku	počet pásů
světla výška 2,5 - 3,1 m (RD)	nízký	1 pás
	střední	1 pás
	vysoký – v rozsahu 100 - 390 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 270 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 110 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	1 pás
	390 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s nízkou propustností 270 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy se střední propustností 110 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s vysokou propustností	2 pásy*
světla výška 3,1 m a vyšší (administrativní objekt)	nízký	1 pás
	střední	1 pás
	vysoký – v rozsahu 100 - 470 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 330 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 140 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	1 pás
	470 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s nízkou propustností 330 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy se střední propustností 140 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s vysokou propustností	2 pásy*

**ELASTEK 40  
SPECIAL MINERAL**  
asfaltový SBS modifikovaný pás tl. 4 mm s vložkou z polyesterové rohože a s minerálním posypem

\* platí i pro kombinaci pásů  
GLASTEK 40 + ELASTEK 40

	radonový index pozemku	počet pásů
světla výška 2,5 - 3,1 m (RD)	nízký	1 pás
	střední	1 pás
	vysoký – v rozsahu 100 - 620 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 430 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 180 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	1 pás
	620 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s nízkou propustností 430 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy se střední propustností 180 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s vysokou propustností	2 pásy*
světla výška 3,1 m a vyšší (administrativní objekt)	nízký	1 pás
	střední	1 pás
	vysoký – v rozsahu 100 - 770 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 540 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 220 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	1 pás
	770 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s nízkou propustností 540 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy se střední propustností 220 kBq/m <sup>3</sup> a vyšší – pro zeminy s vysokou propustností	2 pásy*

**GLASTEK 40  
SPECIAL MINERAL**  
asfaltový SBS modifikovaný pás tl. 4 mm s vložkou ze skleněné tkaniny a s minerálním posypem

\* platí i pro kombinaci pásů  
GLASTEK 40 + ELASTEK 40

	radonový index pozemku	tl. fólie
světla výška 2,5 - 3,1 m (RD)	nízký	1,0 mm
	střední	1,5 mm
	vysoký – v rozsahu 100 - 160 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 120 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 50 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	2,0 mm
světla výška 3,1 m a vyšší (administrativní objekt)	nízký	1,0 mm
	střední	1,0 mm
	vysoký – v rozsahu 100 - 150 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 70 - 100 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 30 - 40 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	1,5 mm
	150 - 200 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s nízkou propustností 100 - 140 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy se střední propustností 40 - 60 kBq/m <sup>3</sup> – pro zeminy s vysokou propustností	2,0 mm

**ALKORPLAN 35034**  
homogenní fólie z měkčeného PVC

konstrukce podlahové vytápění. V obou případech nezáleží na míře koncentrace radonu v podlaží.

Zcela přepracována byla kapitola o větracích systémech podlaží. Norma nově uvádí čtyři typy odsávacích prostředků, které slouží k odvodu půdního vzduchu (odsávací potrubí, odsávací vrt, odsávací jímka, odsávací studna) a definuje pro každý typ podrobný způsob jeho dimenzování. Uvedeny jsou zde i případy, kdy má být ventilační vrstva aktivně (nuceně) větrána, aby v ní byla zajištěna spolehlivá výměna vzduchu. Jedná se o případ, kdy je efektivní výška ventilační vrstvy menší než 20 mm a zároveň její plocha větší než 8 m<sup>2</sup>, kdy je její efektivní výška v rozmezí 20 mm až 50 mm a zároveň její plocha je větší než 30 m<sup>2</sup> nebo jestliže je nemožné dosáhnout pasivním způsobem provětrávání ventilační vrstvy po celé její ploše.

Zásadním bodem v oblasti větrání a ventilace je zákaz odvodu vzduchu pouze do obvodových stěn. Vždy je nutné vzduch odvádět stoupacím potrubím až nad úroveň střechní konstrukce.

## RADONOVÝ ŠTÍTEK BUDOVY

V revidované ČSN 73 0601 byl nově zaveden také radonový štítek budovy. Štítek slouží především k přehlednému porovnání průměrné hodnoty koncentrace radonu v obytných místnostech se směrnou hodnotou dle vyhlášky č.307/2002 Sb. Pro jednotlivé koncentrace objemové aktivity radonu jsou zde uvedena také rizika rakoviny plic, která vychází z odborných studií.

Radonový štítek budovy má pouze informativní charakter a lze jej použít k prokázání koncentrace radonu v budově např. pro účely kolaudačního řízení (vyžaduje-li to stavební úřad), k prokázání účinnosti protiradonových opatření apod. Součástí štítku je také protokol s identifikačními údaji. Spor o povinnost zpracovávat radonový štítek byl jeden z hlavních bodů při projednávání předběžných verzí revidovaných norem v rámci pracovní skupiny TNK 65 „RADON“. Za úspěch zúčastněných

pracovníků Ateliéru stavebních izolací lze považovat změnu statusu původně „povinného“ radonového štítku na „dobrovolný“.

## POSTUP PŘI NÁVRHU PROTIRADONOVÉ OCHRANY

Hydroizolační systém každé spodní stavby je nutné vždy navrhovat nejprve z hlediska hydrofyzikálního namáhání a až ve druhé fázi ho posoudit z hlediska pronikání radonu z podlaží.

Naše zkušenosti ukazují, že opačný postup (návrh protiradonové izolace, která bude zároveň sloužit jako hydroizolace) často vede k problémům s vlnutím suterénu. Výběr materiálu pro izolační vrstvu se v takovém případě řídí udávanou hodnotou součinitele difúze radonu, a ne schopností materiálu být opracován s dostatečnou hydroizolační bezpečností (zvláště ve spojích a prostupech).

Je třeba si uvědomit, že již jedna vrstva běžného natavitelného asfaltového pásu se skleněnou či polyesterovou vložkou je dostatečné protiradonové opatření minimálně při nízkém a obvykle i středním radonovém indexu stavby. Hydroizolační vrstva ze dvou asfaltových modifikovaných pásů, což je minimální požadovaná dimenze hydroizolace dle ČSN P 73 0606 do podmínek působení tlakové vody, je ve velké většině případů dostatečnou protiradonovou ochranou podsklepené spodní stavby i pro většinu lokalit na území České republiky s vysokým radonovým indexem stavby.

Pro možnost ověření, zda je navržená hydroizolace také dostatečnou protiradonovou izolací je nutné stanovit radonový index pozemku. Tuto službu Atelier stavebních izolací spolu s měřením objemové aktivity radonu v objektu pro své zákazníky zajišťuje.

U objektů, v jejichž kontaktním podlaží se nenacházejí obytné prostory, což je obvykle případ všech bytových a administrativních objektů či podsklepených rodinných domů, doporučujeme postupovat podle ČSN 73 0601, kapitoly 6.6.



Objekty s kontaktními podlažními bez pobytového prostoru. U většiny nových staveb pak postačí při splnění předem definovaných okrajových podmínek provést kontaktní konstrukce pouze v 2. kategorii těsnosti, což je např. konstrukce obsahující jednu vrstvu celistvé povlakové hydroizolace navržené podle ČSN 73 0606 s vodotěsně provedenými spoji a utěsněnými prostupy.

### **POMŮCKA PRO RYCHLÝ NÁVRH PROTIRADONOVÉ IZOLACE**

Pro rychlý návrh protiradonové izolace z materiálů ze sortimentu Dektrade vytvořil Atelier stavebních izolací pomůcku v podobě tabulek dimenzí asfaltových pásů ELASTEK 40 SPECIAL MINERÁL, GLASTEK 40 SPECIAL MINERÁL a PVC-P fólie ALKORPLAN 35034 /tab. 01 - 03/.

Dimenze platí pro nepodsklepené objekty s pobytovými místnostmi na terénu. Tabulky vychází z ČSN 73 0601 *Ochrana staveb proti radonu z podloží*. Při návrhu tabulek byla uvažována hodnota výměny vzduchu 0,3 h<sup>-1</sup>.

Při použití tabulek je třeba respektovat ustanovení

ČSN 73 0601 o dalších konstrukčních opatřeních, pokud hodnota koncentrace radonu při vysokém radonovém indexu pozemku přesáhne následující hodnoty:

- pro zeminy
- s nízkou propustností 200 kBq/m<sup>3</sup>,
- se střední propustností 140 kBq/m<sup>3</sup>,
- s vysokou propustností 60 kBq/m<sup>3</sup>.

Protiradonovou izolaci je nutné v takových případech kombinovat s dalším opatřením. Např. jsou možné kombinace protiradonové izolace s drenážním systémem v podloží, s ventilační vrstvou v kontaktní konstrukci nebo s izolačním podlažím.

### **STN 73 0601**

Ve Slovenské republice pro navrhování a provádění ochrany staveb proti radonu z podloží platí od prosince 2002 STN 73 0601 *Ochrana staveb proti radonu z podloží*. Tato norma vznikla převzetím ČSN 73 0601 ve znění předcházející současnou revizí. Je s touto normou identická. Součástí STN 73 0601

je informativní národní příloha NA obsahující česko – slovenský slovník použitých termínů.

Podle příslušné slovenské legislativy se stavby nerozlišují na nové a existující. Podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví SR č.12/2001 Z.z. *o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany* je odvozenou zásahovou úrovní na omezení ozáření v pobytových prostorech objemová aktivita radonu 500 Bq/m<sup>3</sup>. Pro převod objemové aktivity radonu na ekvivalentní objemovou aktivitu radonu se používá faktor rovnováhy F=0,4 (\*). I ve Slovenské republice platí, že odvozená zásahová úroveň na provedení opatření proti pronikání radonu z podloží stavby při výstavbě staveb s pobytovými prostory odpovídá hranici mezi slabou a střední kategorií radonového rizika, resp. nízkým a středním indexem stavby.

\* Pozn.: V ČSN 73 0601 se po revizi již veličina ekvivalentní objemová aktivita radonu nepoužívá. Fyzikální veličina faktor F (v ČSN 73 0601 se nazýval faktorem nerovnováhy) byl z normy odstraněn.

<Lubomír Odehnal>  
foto: Jiří Tokar





# NOVÉ SLUŽBY ZARAŽENÉ DO PROGRAMU DEKPARTNER

## POŽÁRNÍ TECHNIKA

- Zpracování požárně bezpečnostního řešení staveb ke všem fázím projektu - studie, dokumentace k územnímu a stavebnímu řízení, prováděcí projekt a dokumentace skutečného provedení. Požárně bezpečnostní řešení je v souladu s § 18 vyhlášky č. 132/1998 Sb. součástí projektové dokumentace, která se předkládá při stavebním řízení místně příslušnému stavebnímu úřadu.
- Odborné či znalecké posudky staveb a jejich částí včetně stanovení požární odolnosti stavebních konstrukcí na základě normových hodnot.

## MĚŘENÍ RADONOVÉHO INDEXU POZEMKU A OBJEMOVÉ AKTIVITY RADONU V OBJEKTECH

Postupy pro navrhování a provádění ochrany staveb proti radonu z podlaží se zabývá ČSN 73 0601 *Ochrana staveb proti radonu z podlaží*.

Je-li stavební pozemek zaříděn do kategorie se středním nebo vysokým radonovým indexem, musí být navržena a provedena taková opatření, která povedou ke snížení pronikání radonu do vnitřního ovzduší stavby a zajistí, že objemová aktivita radonu nepřekročí

v obytných prostorech směrnou hodnotu 200 Bq/m<sup>3</sup>. Tato hodnota platí pro projektované a stavěné budovy. Pro zkolaudované stavby platí směrná hodnota 400 Bq/m<sup>3</sup>.

## BLOWER-DOOR TEST

MĚŘENÍ VZDUCHOTĚSNOSTI  
OBALOVÝCH PLÁŠŤŮ BUDOV  
METODOU TLAKOVÉHO SPÁDU

Součinitel spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  [m<sup>3</sup>/(s·m·Pa·0,67)], spár a netěsností v konstrukcích a mezi konstrukcemi navzájem, kromě funkčních spár výplní otvorů, musí být dle závazné normy ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky v celém průběhu užívání budovy téměř nulový (musí být nižší než nejistota zkušební metody pro jeho stanovení – blower-door test)*. Netěsnosti ve stavební konstrukci mohou významně ovlivnit tepelné ztráty, vlhkostní režim skladeb a vzduchovou neprůzvučnost. U tepelných ztrát se jedná o nadměrnou filtraci vzduchu, kdy je třeba ohřívat i vzduch, který projde netěsnostmi do objektu a především vzduch, který proniká do tepelné izolace nebo pod tepelnou izolaci. Blower-door test lze použít při kontrole provedení vzduchotěsných vrstev

- před jejich zakrytím – využijí především prováděcí firmy, projektanti nebo stavební dozor,
- po jejich zakrytí – využijí především investoři jako kontrolu kvality celého díla.

## WWW.DEKPARTNER.CZ

KOMPLETNÍ PRAVIDLA PROGRAMU, NABÍDKA SLUŽEB  
A REGISTRACE PROJEKTANTŮ A ARCHITEKTŮ DO  
PROGRAMU DEKPARTNER

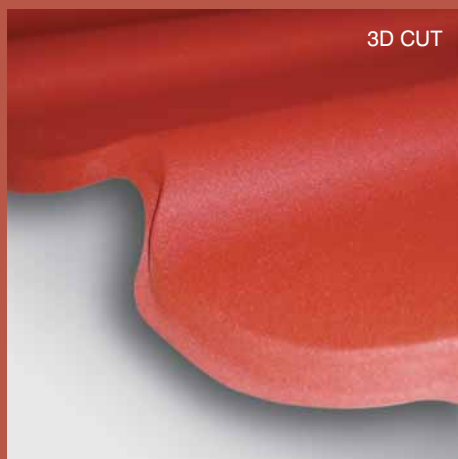
DEKPARTNER 

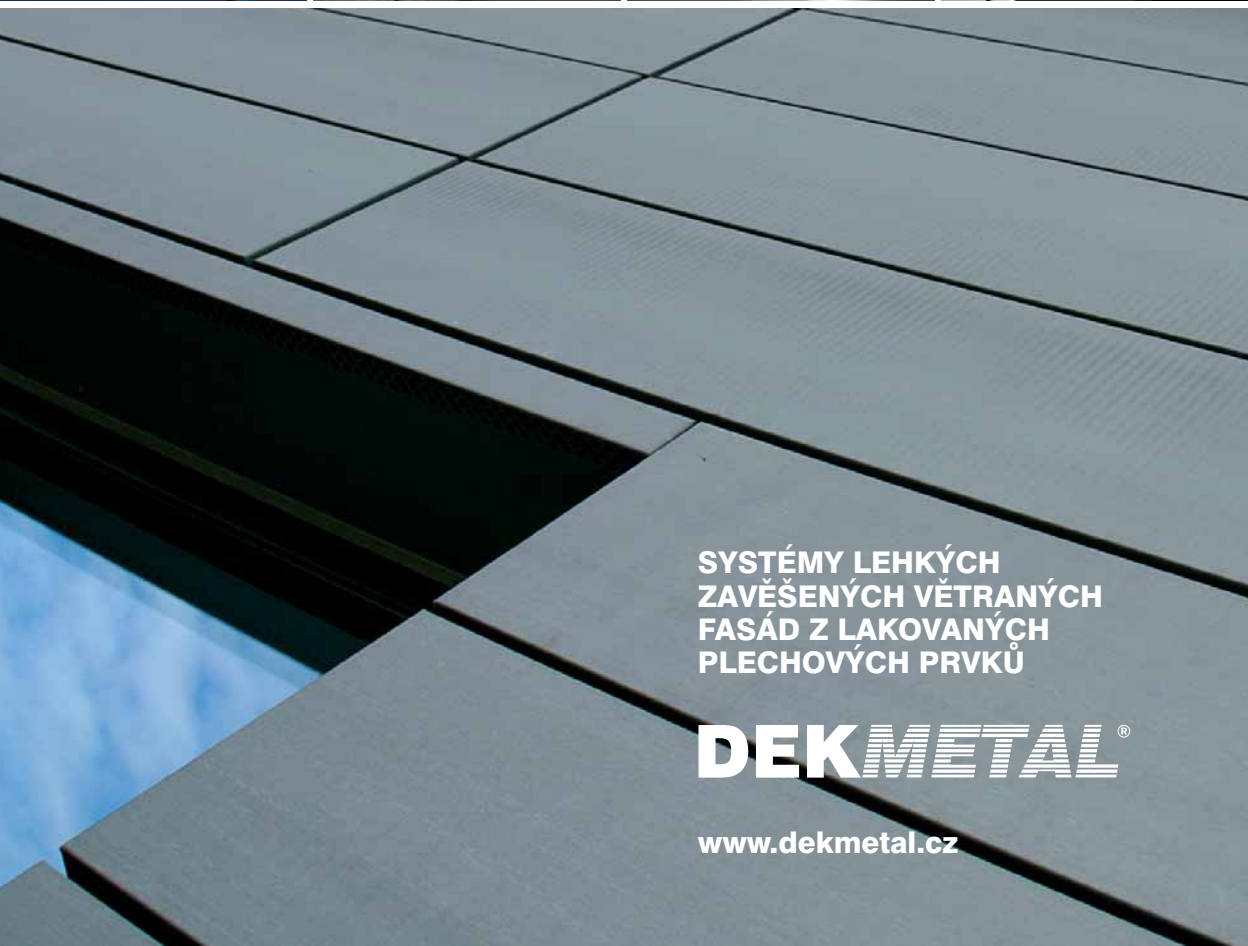
PROGRAM  
NADSTANDARDNÍ  
TECHNICKÉ PODPORY  
PRO PROJEKTANTY  
A ARCHITEKTY

# MAXIDEK

## STŘEŠNÍ TAŠKOVÁ TABULE

MAXIDEK JE VELKOFORMÁTOVÁ KRYTINA – PROFILOVANÁ STŘEŠNÍ TAŠKOVÁ TABULE, KTERÁ IMITUJE VZHLED KLASICKÝCH STŘEŠNÍCH TAŠEK. VÝJIMEČNÝ JE TZV. 3D-CUT (STŘIH), KTERÝ KOPÍRUJE TVAR IMITOVANÝCH TAŠEK NA ČELNÍM OKRAJI TABULE, A TÍM NABÍZÍ VELMI ESTETICKÉ ZAKONČENÍ KRYTINY U OKAPU. SAMOZŘEJMOSTÍ JE DVOJITÁ ODVODŇOVACÍ DRÁŽKA NA BOČNÍM OKRAJI TABULE.





SYSTÉMY LEHKÝCH  
ZAVĚŠENÝCH VĚTRANÝCH  
FASÁD Z LAKOVANÝCH  
PLECHOVÝCH PRVKŮ

**DEKMETAL**®

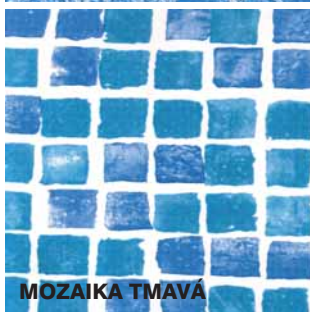
[www.dekmetal.cz](http://www.dekmetal.cz)

# BAZÉNOVÉ FÓLIE ALKORPLAN 2000

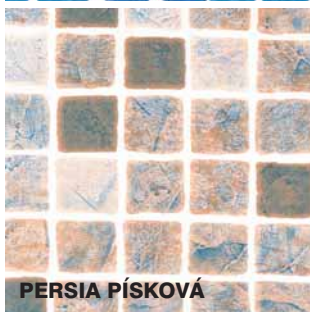
**MOZAIKA BYZANC**



**CARRARA**



**MOZAIKA TMAVÁ**



**PERSIA PÍSKOVÁ**



**MRAMOR**



**PERSIA MODRÁ**



**ALKORPLAN**

**2000**

Hydroizolační fólie ALKORPLAN 2000 jsou vyrobeny z měkčeného PVC. Na povrchu jsou opatřeny akrylátovou vrstvou, která omezuje usazování nečistot a usnadňuje čištění. Fólie vynikají především vysokou UV stabilitou, stálobarevností, odolností proti hnilobě, plísním a mikroorganismům.

Sortiment fólií ALKORPLAN 2000 byl rozšířen o další mozaikové vzory. V současné době nabízíme tyto vícebarevné bazénové fólie ALKORPLAN 2000: MOZAIKA BYZANC, MOZAIKA TMAVÁ, PERSIA MODRÁ, PERSIA PÍSKOVÁ, CARRARA, MRAMOR

Vedle vícebarevných vzorů naleznete v sortimentu i tradiční jednobarevné fólie ALKORPLAN 2000.

Všechny barevné varianty fólií ALKORPLAN 2000 jsou k dispozici našim zákazníkům v České republice a na Slovensku. Technickou podporu při navrhování a provádění fólií ALKORPLAN 2000 poskytuje Atelier stavebních izolací. Návrh a montáž bazénové fólie usnadní Montážní příručka ALKORPLAN.