



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Metody sanace vlhkostních poruch betonových konstrukcí  
budov s využitím krystalizačních materiálů**

**Remediation methods of moisture-related failures of concrete  
structures in buildings using crystalline materials**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Ing. Hana Žáková**

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Pozemní stavby

Školitel: doc. Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.

**Praha, 2021**

## **PROHLÁŠENÍ**

Jméno doktoranda: Ing. Hana Žáková (rodné příjmení Schützová)

Název disertační práce: Metody sanace vlhkostních poruch betonových konstrukcí budov s využitím krystalizačních materiálů

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval/a samostatně pod vedením školitele doc. Ing. Jiřího Pazderky, Ph.D. a školitele specialisty Ing. Pavla Reitermana, Ph.D.

Použitou literaturu a další materiály uvádím v seznamu použité literatury.

Disertační práce vznikla v souvislosti s řešením projektů:

NAKI II – DG18P02OVV063 – Vývoj progresivního sanačního postupu pro restaurování a konzervaci vojenských pevnostních objektů z 30. let 20. stol.

SGS17/117/OHK1/2T/11 – Experimentální ověření spolehlivosti vybraných systémů ochrany spodní stavby proti vodě

SGS19/145/OHK1/3T/11 – Analýza řešení stavebních detailů v betonových a zděných budovách z hlediska vodonepropustnosti a trvanlivosti

V Praze dne .....

.....  
podpis





## **Poděkování**

Především děkuji svému školiteli doc. Ing. Jirímu Pazderkovi, Ph.D. a školiteli specialistovi Ing. Pavlu Reitermanovi, Ph.D. za pomoc v průběhu celého studia. Můj velký dík patří také rodičům za podporu, bez níž by tato disertační práce nikdy nevznikla.

---





## Abstrakt

Zajištění odpovídající kvality vnitřního prostředí v suterénních prostorech budov je nedílnou součástí celkových požadavků kladených na dnešní stavby. Pronikání vody do interiéru spodní stavby v důsledku trhlin v železobetonových konstrukcích je jedním z nejčastějších problémů při použití základové vany z vodonepropustného betonu.

Trhliny v konstrukci vodonepropustné základové vany vznikají zejména v důsledku sedání budovy a částečně též při smršťování betonu během tvrdnutí. Typická kritická místa, kde vznikají poruchy (dilatační spáry, technologické spáry, prostupy TZB), jsou obvykle preventivně chráněna pomocí přídavných prvků (těsnící pásy, bentonitové pásy apod.). Trhliny v konstrukci základové vany však téměř vždy vzniknou i mimo výše uvedená kritická místa a není je možné předem přesně predikovat. Z tohoto pohledu je velkou výhodou možnost posílení autogenního hojení betonu, které může za určitých podmínek (v závislosti na šířce trhlin a dalších parametrech) tento negativní jev z větší části eliminovat. Jednou z cest k posílení autogenního hojení betonu je použití krystalizačních materiálů, které jsou dnes běžně používány ve stavební praxi. Krystalizační přísady do betonu jsou těžištěm výzkumu popsaného v této disertační práci. Vedle toho se v současnosti také ve světě postupně rozvíjí výzkum spojený s možností použití mikroorganismů pro posílení autogenního hojení betonu. Tato problematika se v současné době nachází spíše v experimentální rovině a tato disertační práce se tímto tématem zabývá pouze okrajově, především z hlediska komparace vlivu krystalizačních přísad a mikroorganismů na posílení autogenního hojení betonu.

Hlavním cílem disertační práce bylo zjistit vliv krystalizačních přísad na posílení autogenního hojení betonu v místech trhlin a zároveň popsat vhodné okrajové podmínky, při kterých je zacelování trhlin nejúčinnější. Cílem disertační práce bylo zároveň zjistit i vliv krystalizačních přísad na autogenní hojení betonu v delším časovém horizontu.

## Klíčová slova

Autogenní hojení betonu

Krystalizační přísada

Konstrukce spodní stavby budov

Beton

Textilií vyztužený beton



## Abstract

For newly created buildings it is necessary to ensure the adequate indoor environment inside their underground floors. One of the most common problems in concrete waterproof substructure is penetration of water into the interior of the substructure due to cracks.

Structural cracks in the waterproof substructure occur mainly due to the settlement of the building. The cracks partly occur due to the shrinkage of the concrete as well. Typical places where the cracks occur (e.g. technological joints, expansion joints, HVAC penetrations, etc.) are usually protected by additional elements. However, cracks in the concrete substructure almost always occur even out of the above-mentioned typical places which cannot be accurately predicted in advance. From this point of view, the great advantage could be the possibility of improving of the autogenous healing (depending on crack width and other parameters). This could eliminate negative consequence of the crack creation. There are some ways how the autogenous healing can be supported. One way is using of crystalline admixtures, which are commonly used in practice. Research, which is described in this Ph.D. thesis is mainly focused on using of crystalline admixtures. However, the possibility of using microorganisms to enhance the autogenous healing of concrete is currently solved problem around the world but this issue is more on an experimental level. This Ph.D. thesis is focused on this topic (microorganisms) only marginally, the aim in this case was to compare the effect of crystalline admixtures and microorganisms on enhancing the autogenous healing of concrete.

The main aim of the Ph.D. thesis was to determine the effect of crystalline admixtures on enhancing the autogenous healing of concrete and at the same time to describe suitable boundary conditions under which crack healing is most effective. The aim of the Ph.D. thesis was also to determine the long-term effect of crystalline admixtures on the autogenous healing of concrete.

## Keywords

Autogenous healing of concrete

Crystalline admixture

Building substructure

Concrete

Textile reinforced concrete



## Obsah

1. Úvod .....	1
1.1 Motivace.....	1
1.2 Cíl práce .....	2
2. Současný stav, rešerše problematiky .....	3
2.1 Možnosti sanace vlhkosti konstrukcí spodní stavby budov .....	3
2.1.1 Konstrukce spodní stavby z vodonepropustného betonu (tzv. bílé základové vany) .....	4
2.1.2 Biologické metody – teoretické využití plísní a bakterií .....	4
2.1.3 Krystalizační nátěry a přísady do betonu.....	5
2.2 Možnosti detekce vlhkosti .....	8
2.2.1 Gravimetrická (vážková) metoda .....	8
2.2.2 Kapacitní metoda měření vlhkosti .....	9
2.2.3 Odporová metoda měření vlhkosti.....	10
2.2.4 Ultrazvuková metoda.....	10
2.2.5 Radiometrická metoda .....	11
2.2.6 Chemické metody .....	11
3. Experimentální část .....	12
3.1 Řešení průsaku podzemní vody betonovou konstrukcí.....	12
3.1.1 Návrh a výroba zkušebních těles .....	12
3.1.2 Měření vlhkosti.....	14
3.1.3 Diskuse výsledků .....	16
3.2 Použití mikroorganismů pro kalcifikaci pórů a mikrotrhlin .....	17
3.2.1 Výroba a příprava zkušebních těles .....	17
3.2.2 Příprava mikroorganismů a metodika zkoušky .....	19
3.2.3 Vývoj bakterie <i>Bacillus pseudofirmus</i> .....	22
3.2.4 Vývoj plísně <i>Trichoderma reesei</i> .....	26
3.2.5 Vývoj referenčních vzorků v exsikátorech .....	30
3.2.6 Zkouška nasákavosti vzorků.....	31
3.2.7 Diskuse výsledků .....	32
3.3 Studium vlivu krystalizačních přísad na posílení autogenního hojení betonu.....	33
3.3.1 Fáze 1: Zkušební tělesa No. 1 .....	33
3.3.2 Fáze 2: zkušební tělesa No. 2 .....	37
3.3.3 Diskuse výsledků .....	38
3.4 Stanovení okrajových podmínek pro posílení autogenního hojení vlivem krystalizačních přísad.....	39
3.4.1 Fáze 1: Analýza autogenního hojení betonu v závislosti na vlhkosti a teplotě okolního prostředí.....	44
3.4.2 Fáze 2: Analýza autogenního hojení betonu v závislosti na času vystavení vodě .....	52



3.4.3	Fáze 3: Analýza vlivu použitého cementu na autogenní hojení betonu s krystalizační přísadou.....	65
3.4.4	Fáze 4: Porovnání vlivu různých krystalizačních přísad na autogenní hojení.....	72
3.4.5	Diskuse výsledků .....	77
4.	Závěr .....	79
5.	Seznam použité literatury .....	81
6.	Seznam vlastních publikací .....	87
7.	Seznam obrázků.....	89
8.	Seznam tabulek.....	93
9.	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	95
	Příloha A: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 1	
	Příloha B: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 2	
	Příloha C: Číselný a grafický výstup z programu Fáze – fáze 2	
	Příloha D: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 4	
	Příloha E: Technické listy výrobců krystalizačních přísad	

---



# 1. Úvod

Problematika zvýšené vlhkosti stavebních konstrukcí se týká nejen historických objektů, ale i novostaveb. Zvýšená vlhkost konstrukcí stavby neovlivňuje negativně jen vnitřní klima objektu, ale má negativní vliv i na požadované fyzikální vlastnosti stavebních konstrukcí. Historicky se problematika zvýšené vlhkosti objektu řešila především dostatečným větráním, což je z hlediska současných snah o minimalizaci nákladů na vytápění nevyhovující a v zimním období je tato metoda i přímo kontraproduktivní (riziko kondenzace). Jsou však známy i případy historických objektů, u kterých je nutné původní odvětrávací systém zachovat. Příkladem může být klášter v Plasích, který je založen na dřevěných pilotách v silně podmáčeném terénu. V objektu lze na několika místech kontrolovat, zda je v základech stále dostatečná hladina vody a zároveň je celý komplex opatřen důmyslným systémem odvětrávacích šachet.

U naprosté většiny stávajících objektů vykazujících poruchy je však nezbytné vlhkost stavebních konstrukcí snížit na přijatelnou úroveň. U novostaveb je pak samozřejmostí požadavek na kvalitní ochranu stavebních konstrukcí proti vodě tak, aby k sanačním zásahům nemuselo vůbec dojít. Existuje několik různých způsobů, jak lze sanaci vlhkých konstrukcí provádět, ty se dělí na přímé a nepřímé [1]. Vždy je potřeba při návrhu sanačních opatření vyhodnotit, jaké řešení je nejvhodnější z hlediska materiálu sanovaných konstrukcí a historické hodnoty objektu. V případě objektů s památkovou ochranou může nastat i problém při jednání s místně příslušným úřadem, který nemusí povolit technicky nejvhodnější variantu sanačního opatření.

## 1.1 Motivace

V rámci stavebně technického průzkumu zaměřeného na vlhkost konstrukce spodní stavby, provedeného autorkou, byl u několika historických i moderních objektů sledován problém s průsakem vody. U budov s betonovou konstrukcí spodní stavby bylo zatékání patrné především v obvyklých kritických místech – v místě pracovních spár a trhlin (Obr. 1), případně v místech prostupů instalací TZB.



Obr. 1: Průsak konstrukcí bílé vany – OC Quadrio, Praha (foto autorka)



## **1.2 Cíl práce**

Cílem práce bylo analyzovat vybrané metody sanace vlhkostních poruch betonových konstrukcí spodní stavby budov, především s využitím krystalizačních materiálů. Těžištěm práce je pak analýza autogenního hojení betonu v závislosti na různých okrajových podmínkách, která byla prováděna pomocí zkušebních těles vyrobených z betonu vyztuženého netkanou polypropylenovou geotextilií.





## 2. Současný stav, řešerše problematiky

### 2.1 Možnosti sanace vlhkosti konstrukcí spodní stavby budov

Metody sanace vlhkosti konstrukcí spodní stavby budov se rozdělují na přímé a nepřímé [1]. Návrh konečného sanačního řešení by měl obvykle sestávat z kombinace obou metod tak, aby byla zajištěna co nejlepší funkčnost systému jako celku.

Přímé metody sanace vlhkosti lze podle ČSN 73 0610 rozdělit na:

- Vzduchové izolační metody
- Chemické metody
- Mechanické metody
- Elektrofyzikální metody

Jejich použití závisí na konkrétním případě, protože ne všechny metody jsou vždy vhodné, ať už z hlediska provádění, účinnosti, nebo stavu sanovaných konstrukcí. Dalším významným faktorem, který ovlivňuje výběr sanační metody, je v případech památkově chráněného objektu i přístup místně příslušného úřadu, který může mít specifické požadavky.

Účinnost realizovaného sanačního systému je hodnocena objektivním posouzením jeho efektivity, tj. snížením vlhkosti sanované konstrukce. Účinnost je kromě měřitelného snížení hmotnostní vlhkosti sanované konstrukce a vyhodnocení podle ČSN 73 0610 dána i absencí vizuálních poruch na plochách stěn, a výrazným zlepšením mikroklimatu prostor, pokud na něj nepůsobí další negativní vlivy, které prováděná sanace neodstraňuje. Objektivním posouzením je ale samozřejmě především vyhodnocení hmotnostní vlhkosti zdiva a následné srovnání s původními hodnotami zjištěnými v rámci stavebně technického průzkumu.

Stupeň účinnosti sanace lze určit podle vztahu (1):

$$W_{\dot{u}} = \frac{(F_1 - W_r) - (F_2 - W_r)}{(F_1 - W_r)} \cdot 100 \quad (1)$$

kde

$W_{\dot{u}}$	stupeň účinnosti sanace [%]
$F_1$	hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu před provedením sanace [%]
$F_2$	hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu za dva roky po skončení sanace [%]
$W_r$	rovnovážná vlhkost zemní vlhkosti nenamáhaného zdiva v teplotních a vlhkostních podmínkách cca 5°C a 85 % relativní vlhkosti okolního prostředí [%]

Stupeň účinnosti sanace by za dobu dvou let po dokončení sanace neměl být nižší, než 50 %. [1-5]

Vzhledem k tématu práce je další pozornost zaměřena výhradně na betonové konstrukce ve spodní stavbě budov, které jsou vystaveny přímému působení vody a vlhkosti.



### 2.1.1 Konstrukce spodní stavby z vodonepropustného betonu (tzv. bílé základové vany)

Jedná se o základovou konstrukci z monolitického železobetonu, která zároveň slouží jako hydroizolační obálka spodní stavby (bez dalších přímých hydroizolačních metod). Návrh tzv. bílých van se provádí především podle normy ČSN EN 206+A1 [7] a technických pravidel ČBS TP04 [8]. V současnosti je konstrukce tzv. bílých van velice rozšířeným řešením konstrukce spodní stavby – především pak u občanských staveb a bytových objektů. Oblíbenost tzv. bílých van je daná především výhodami, které toto konstrukční řešení oproti použití povlakových hydroizolací přináší:

- poruchy jsou snadno lokalizovatelné
- nulové riziko mechanického poškození během následných stavebních prací (při provádění) z hlediska ztráty hydroizolační funkce
- absence spojů mezi hydroizolačními pásy, absence ochranné vrstvy – celkově nižší pracnost (v porovnání s povlakovými hydroizolacemi)
- chemická snášenlivost s ostatními stavebními materiály.

Nicméně tzv. bílou vanu jako takovou není vhodné použít jako jediné řešení, pokud se spodní stavba nachází pod úrovní hladiny podzemní vody. V takovém případě je vhodné konstrukci tzv. bílé vany doplnit dalším hydroizolačním řešením (povlakem), jak uvádí norma ČSN 73 0606 [6].

Základní vlastností tzv. bílých van je vodonepropustnost betonu jako takového. Nicméně o výsledné vodonepropustnosti konstrukce jako celku rozhoduje zejména řešení pracovních a dilatačních spár a utěsnění rozvodů TZB. Tato místa jsou nejčastějším zdrojem poruch tzv. bílých van. Kritickým místem je tradičně pracovní spára mezi základovou deskou a suterénní stěnou – vzhledem k tomu, že zde ve většině případů vznikne trhлина, je třeba volit v této spáře dodatečné hydroizolační řešení. Nejčastěji se do těchto spár vkládají těsnicí pásy z PVC-P, které se umísťují do bednění ještě před samotnou betonáží. Za nejspolehlivější jsou považovány pásy vkládané doprostřed konstrukce, pásy vkládané na povrch bednění vykazují menší spolehlivost. Navíc se doporučuje v místě spáry mezi základovou deskou a suterénní stěnou provést kotevní nálitek, který by měl být betonovaný společně se základovou deskou. Mezi další častou možností utěsnění spár patří použití bentonitových těsnicích pásků.

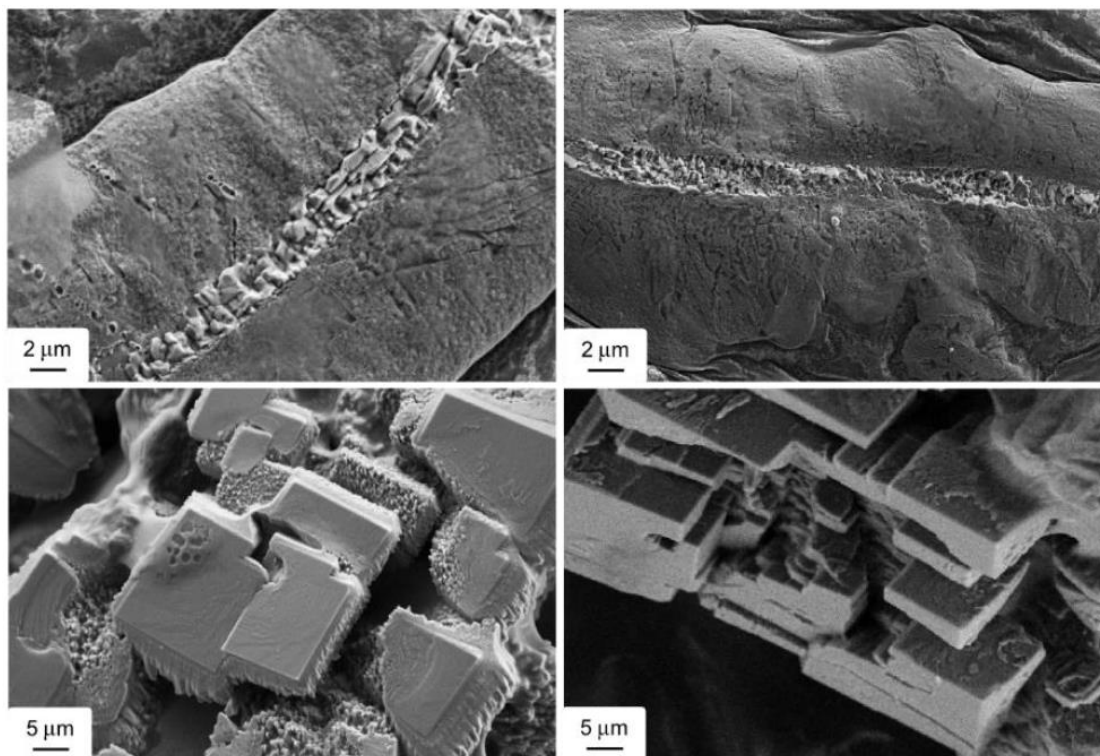
Typickým problémem všech vodonepropustných železobetonových základových van je vznik trhlin, zejména v důsledku nerovnoměrného sedání konstrukce, případně i vlivem smršťování konstrukce, skrz které pak dochází k průsakům vody do objektu. [6, 7, 9, 11]

### 2.1.2 Biologické metody – teoretické využití plísní a bakterií

Jedná se o oblast, která je v současnosti zatím ve vývoji a běžně se na stavbách nevyužívá. Hlavní myšlenkou je, že některé bakterie a plísně vytvářejí jako produkt vápník (Obr. 2) a je snaha této vlastnosti využít při zacelování trhlin v rámci schopnosti autogenního hojení betonu. Nutnou podmínkou využití bakterií, případně plísní je, aby byly schopny kalcifikace, tedy aby byly schopny přežít v alkalickém prostředí a zároveň aby byly pro člověka zdravotně



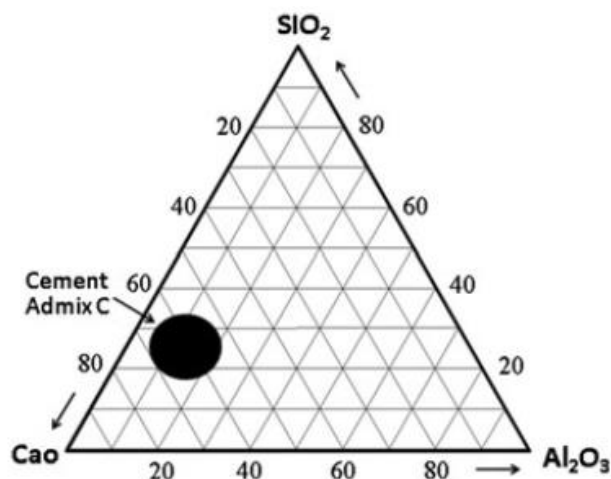
nezávadné. Výzkum se v současnosti zabývá především možnostmi využití jednotlivých druhů mikroorganismů vzhledem k jejich požadavkům na životní podmínky a posouzením, zda je vůbec možné živnou půdu pro mikroorganismy aplikovat na reálné konstrukci. [21-24]



Obr. 2: Vývoj uhličitanu vápenatého v médiu inokulovaném *Trichoderma reesei* – SEM analýza [24]

### 2.1.3 Krystalizační nátěry a přísady do betonu

Jak pro nátěry, tak pro krystalizační přísady obecně platí, že se před zpracováním jedná o suchý práškový materiál, který se skládá z portlandského cementu (Obr. 3), speciálně upraveného křemenného písku a směsi chemických látek, jejichž přesné složení si jednotliví výrobci pečlivě střeží. Z výsledků provedených studií je však zřejmé, že tyto chemické látky mají výhradně anorganickou podstatu.

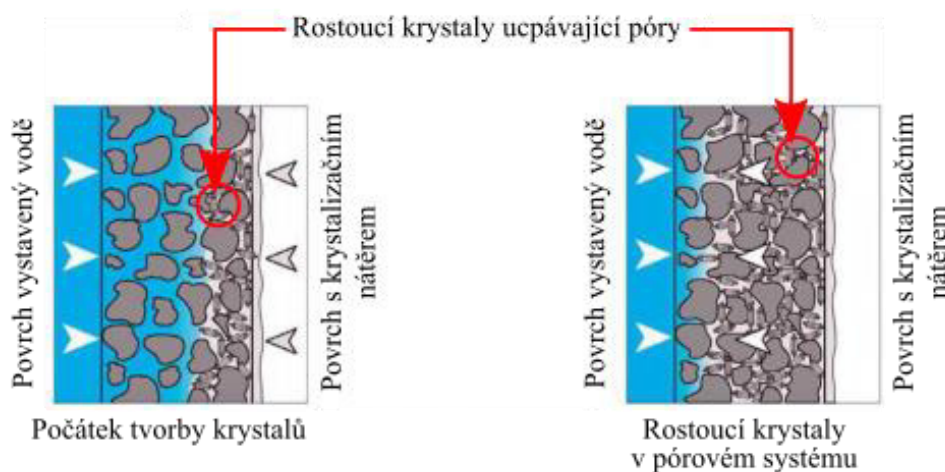


Obr. 3: Třífázový rovnovážný diagram cementu a krystalizační přísady Xypex Admix C [25]



## Krystalizační nátěry

Jedná se o jednosložkové nátěry, které lze aplikovat na železobetonové konstrukce a další vrstvy na bázi cementu nebo vápnicku. Pro správnou funkci krystalizačního materiálu je nutnou podmínkou, aby sanovaná konstrukce byla plně nasycena vodou před nanášením nátěru. Účinné složky nátěru pak působí jako katalyzátor reakce v již zhydratovaném C-S-H gelu, kde dochází k sekundární hydrataci doposud nezhydratovaných původních cementových zrn (Obr. 4). Chemické látky se z nátěru šíří do betonové konstrukce pomocí koncentračního spádu, kdy krystalizační nátěr je nasycen roztokem a voda obsažená v pórovém systému betonu je naopak nenasyčeným roztokem. Z dosavadních informací je zřejmé, že nátěrové hmoty způsobují prorůstání krystalické formace do hloubky řádově několika centimetrů od povrchu nátěru (tvrzení některých výrobců o prorůstání krystalů do hloubek řádově několik desítek centimetrů je zřejmě nadhodnocené, v kontextu dříve provedených nezávislých studií). [12-20]



Obr. 4: Princip fungování krystalizačních nátěrů [26]

Nejrozšířenější firmou působící na českém trhu, která dodává krystalizační nátěry je společnost Nekap s.r.o., která je výhradním dovozcem kanadského systému Xypex. Mezi další společnosti zabývajícími se krystalizačními nátěry patří např. Sika s.r.o., Stachema CZ s.r.o., BASF, Schomburg, DRIZORO, VANDEX, a další...

## Krystalizační přísady

Kromě krystalizačních nátěrů existují i krystalizační přísady do betonových konstrukcí. Jejich cílem je zvyšovat vodonepropustnost a trvanlivost betonu u nové konstrukce a předejít následné sanaci objektu z důvodu pronikání vlhkosti. Výrobci je deklarována i zvýšená samozacelovací schopnost betonu (autogenní hojení betonu), avšak nepodložené souvisejícími studiemi.

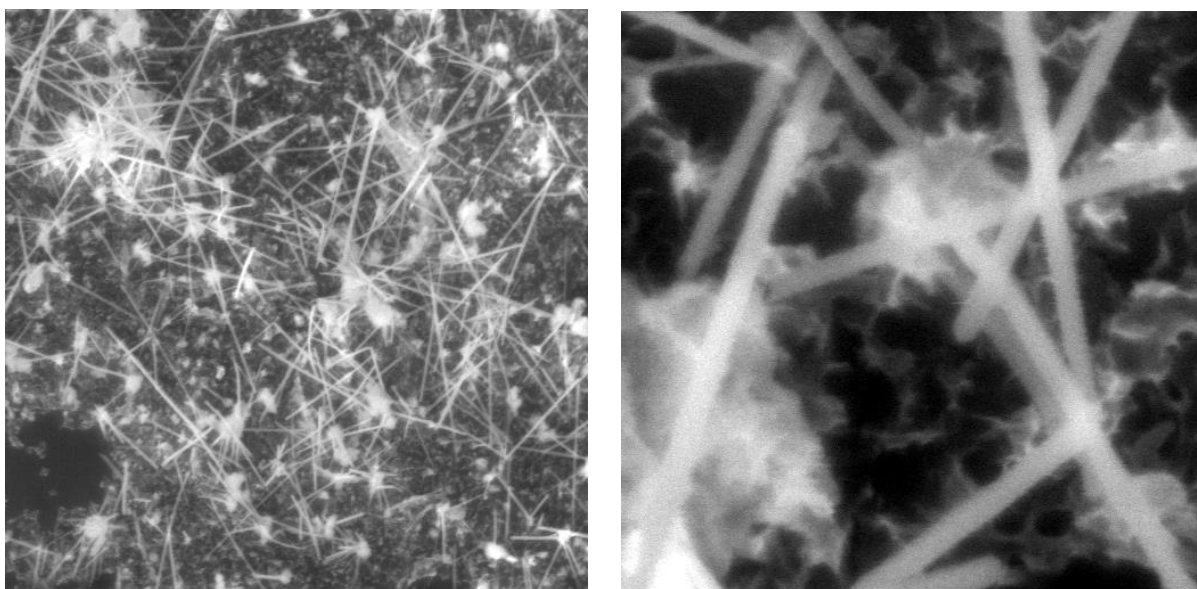
Hydroizolační účinek krystalizačních přísad v betonu je dosažen reakcí různých chemických složek obsažených v roztoku, který je díky nasycení vodou obsažen v cementové matici. Z toho vyplývá, že proces růstu krystalů funguje pouze tehdy, když porézní systém betonu obsahuje dostatečné množství vody. V případě nedostatečného nasycení pórového systému betonu vodou zůstává krystalizační přísada nečinná. [27-29]

Krystalizační přísada v zásadě funguje tak, že chemické složky chemicky reagují s cementovou maticí v procesu hydratace s dočasnou tvorbou  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a následnou tvorbou disilikátových



a polysilikátových aniontů. Je pravděpodobné, že kumulativní proces je doprovázen tvorbou  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  spolu s tvorbou  $3\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{Ca}(\text{OH})_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ . [30]

Produktem této chemické reakce je růst jehlicovitých krystalů uvnitř pórovité struktury betonu (Obr. 5). Krystaly ve tvaru jehly mění strukturu pórů betonu, což má za následek jeho hydroizolační účinek. Díky tomu je beton s krystalickou příměsí v porovnání s betonem bez příměsí účinnější proti hydrostatickému tlaku, o čemž svědčí řada úspěšných aplikací. [31-35]



Obr. 5: Krystaly Xypex Admix C1000, Phenom XL Desktop SEM (autoři fotografií Pazderka J., Berka L.)

V minulosti také proběhlo mnoho experimentálních laboratorních měření hydroizolační schopnosti krystalických hydroizolačních systémů zaměřených na ověření hydroizolace a trvanlivosti betonu s krystalickou příměsí. Dále byla úspěšně otestována trvanlivost v agresivním prostředí.

Výsledky těchto studií [36-51] byly velmi přesvědčivé – potvrzují nepropustnost pro vodu a vysokou trvanlivost betonu s krystalickou příměsí. Hydroizolační účinek krystalického materiálu je podmíněn přísnou technologickou disciplínou, zejména důkladným ošetřováním čerstvého povrchu. Obecně je význam vytvrzování čerstvého betonu dobře znám, což potvrzují i výsledky uvedené v literatuře. [16, 25, 52]

Jednou ze zásadních otázek jsou teplotní a vlhkostní okrajové podmínky pro co nejúčinnější autogenní hojení betonu. Touto otázkou se zabývá podstatná část této studie.

Dodatečně vytvořené krystalky by měly být dle tvrzení výrobců dokonce schopné zacelit trhliny do šířky 0,4 mm, u větších trhlin nemusí být funkčnost krystalizačních přísad 100%. Ověření této vlastnosti krystalizačních přísad se věnuje část této práce. Nejrozšířenější firmou působící na českém trhu, která dodává krystalizační přísady je společnost Nekap s.r.o., která je výhradním dovozcem kanadského systému Xypex. [12, 57]



## 2.2 Možnosti detekce vlhkosti

Pro vyhodnocení naměřených výsledků je třeba stanovit vyhovující úroveň vlhkosti sanované konstrukce. K tomu slouží klasifikace vlhkosti zdiva uvedená např. v normě ČSN P 73 0610 (Tab. 1)

Tab. 1: Vlhkost zdiva dle ČSN P 73 0610 [1]

Stupeň vlhkosti	Vlhkost zdiva $w$ [% hm]
velmi nízká	$w < 3$
nízká	$3 \leq w < 5$
zvýšená	$5 \leq w < 7,5$
vysoká	$7,5 \leq w < 10$
velmi vysoká	$w > 10$

Metody měření vlhkosti lze dělit dle způsobu odběru vzorku nebo podle způsobu měření obsahu vody v materiálu.

Podle způsobu odběru vzorku:

- destruktivní – nejčastěji se odběr provádí odsekáním nebo vývrtem, u vrtáků je nutno uvažovat i chybu, která vzniká zahřátím jádrového vrtáku
- nedestruktivní – pomocí přístroje

Podle způsobu měření

- přímé – měřenou veličinou je konkrétní množství vody v materiálu
- nepřímé – je měřena konkrétní fyzikální veličina, jako je např. elektrický odpor, tepelná vodivost atp. a na základě jejich vyhodnocení je zjišťována vlhkost materiálu. Data zjištěná nepřímou metodou je třeba ve většině případů kalibrovat pomocí přímé metody, která je použita na několik konkrétních vzorků.

Způsob odběru vzorku je nutné zvážit především u objektů s historickou hodnotou (památkové chráněné objekty), u nichž často nelze použít destruktivní metody.

Při stanovování vlhkosti zdiva je zjišťován tzv. vlhkostní profil. Profil je stanovován na základě měření v různých výškových úrovních (běžně 3 – 4 různé výšky) v jednom půdorysném bodě měření. Rovněž je možné zjišťovat i hloubkový profil, tzn. měřit vlhkost konstrukce v různých hloubkách (typicky pomocí kartáčových sond s použitím odporového vlhkoměru). Počet výškových úrovní a počet bodů měření je nutno stanovit s ohledem na konkrétní situaci v daném objektu.

Vlhkost stavebních materiálů je podle ČSN 73 0610 vyhodnocována jako hmotnostní vlhkost, tj. poměr hmotnosti vody v materiálu k hmotnosti suchého vzorku. [2, 10, 53-56]

### 2.2.1 Gravimetrická (vážková) metoda

Jedná se o přímou destruktivní metodu měření vlhkosti. Při této metodě jsou odebrány reprezentativní vzorky (Obr. 6). Ty jsou nejprve zváženy a následně vysušeny, např. v sušící troubě, která má definovanou teplotu a relativní vlhkost. In-situ může měření probíhat pomocí



speciálních gravimetrických (vysušovacích) vah. Po vysušení je vzorek znovu zvážen. Relativní vlhkost materiálu je pak dána vztahem (2):

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (2)$$

kde

w	relativní vlhkost materiálu [%]
$m_v$	hmotnost vlhkého stavebního materiálu [g]
$m_s$	hmotnost vysušeného stavebního materiálu [g]



Obr. 6: Příklad odebraných vzorků pro měření vlhkosti gravimetrickou metodou (foto autorka)

Při zjišťování vlhkosti vzorku v laboratoři je třeba dbát na opatrnou manipulaci se vzorkem při přepravě. Vzorek lze ideálně zabalit do mikrotenového sáčku, či folie a umístit do utěsněné nádoby. Přeprava do laboratoře by měla být v co nejkratším časovém horizontu od odběru, vzorky je vhodné během přepravy uchovávat v chladu.

Velkou výhodou této metody je měření vlhkosti materiálu bez závislosti na dalších parametrech, čímž měření nemusí být kalibrováno a poskytuje přímá data. Nevýhodou je, že se jedná o destruktivní metodu, a to může být problém především z hlediska památkově chráněných objektů.

Gravimetrická metoda se nejčastěji používá pro kalibraci dat zjišťovaných pomocí nepřímých metod měření. [2, 10, 53-56]

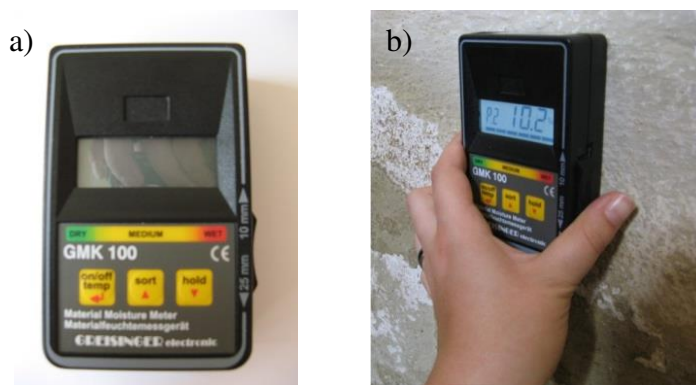
### 2.2.2 Kapacitní metoda měření vlhkosti

Jedná se o nedestruktivní způsob stanovení vlhkosti ve stavebních materiálech a konstrukcích (Obr. 7). Měření probíhá na základě měření dielektrické konstanty hmoty, která je závislá na vlhkosti. Nevýhodou této metody je určitá nepřesnost daná použitou technologií, naměřené hodnoty je nutno kalibrovat např. pomocí gravimetrické metody.

Kapacitní metody jsou založené buďto na měření relativní permitivity materiálu, nebo na veličině, která je na relativní permitivitě závislá a je známý převodní vztah.

Velkou výhodou této metody je zanedbatelný vliv okolní teploty a obsahu solí obsažených v materiálu na výsledky měření. [2, 10, 53-56]





Obr. 7: Kapacitní vlhkoměr Greisinger electronic GMK 100 (foto autorka)

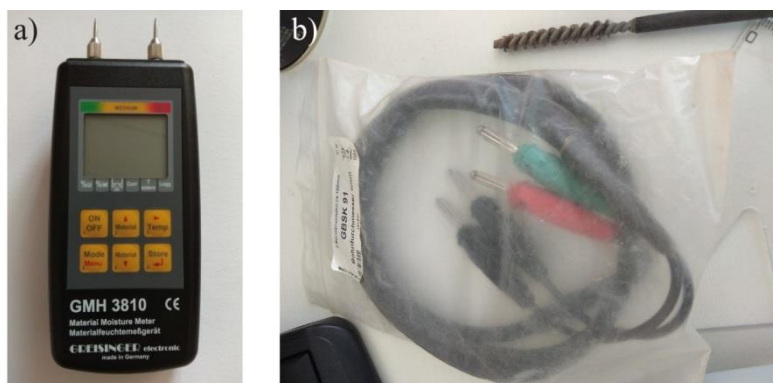
a) Měřicí přístroj, b) Měření přístrojem in-situ

### 2.2.3 Odporová metoda měření vlhkosti

Principem metody je měření měrného odporu vlhkého materiálu. Metoda je založena na tom, že měrný odpor vykazuje značné změny spojené s obsahem vody v materiálu (voda je z hlediska vedení elektřiny elektrolytem s různou koncentrací). Z toho vyplývá, že při zvyšování vlhkosti materiálu se zvyšuje jeho elektrická vodivost.

Pro měření odporovým vlhkoměrem (Obr. 8) je vhodné, aby voda v materiálu byla rozmístěna pokud možno rovnoměrně, přičemž teplota má na měření značný vliv. Dalším problémem této metody je nepřesnost, která vzniká v zasoleném zdivu. U betonových konstrukcí mohou být problematická i neprobetonovaná místa uvnitř konstrukce, která snižují výslednou hodnotu vlhkosti.

Jedná se o nepřímou metodu a je třeba provést kalibraci naměřených výsledků. [2, 10, 53-56]



Obr. 8: Měřicí přístroj GREISINGER GMH 3810 (foto autorka)

a) Měřicí přístroj se sondami pro měření vlhkosti dřeva, b) Připojení pro sondy na měření vlhkosti betonových a zděných konstrukcí

### 2.2.4 Ultrazvuková metoda

Základem této metody je šíření ultrazvukových vln v pevných látkách. Měření je zásadně ovlivňováno teplotou, proto je nutné naměřené hodnoty kalibrovat pomocí přímé metody. [2, 10, 53-56]





### 2.2.5 Radiometrická metoda

Metoda je založená na vlastnosti materiálu pohlcovat radioaktivní záření. Zdrojem rychlých neutronů je často směsný zářič americium a beryllium. Ve vlhkém prostředí dochází k postupnému zpomalování neutronů vlivem srážek s vodíkovými jádry. Detektory pomalých neutronů jsou připojeny na vyhodnocovací jednotku a ta měření zpracovává. Detektorem je zpravidla trubice plněná trifluoridem bóru nebo heliem. Výhoda této metody spočívá v minimálním ovlivnění obsahem solí v materiálu. Měření však může být nepřesné, pokud měřený materiál obsahuje látky pohlcující neutrony – například chlor, kadmium, draslík nebo brom. [2, 10, 53-56]

### 2.2.6 Chemické metody

Nejčastěji používaná metoda je metoda karbidu vápníku. Jedná se o destruktivní metodu, při které je nutno odebrat vzorek, který je následně rozdrcen.

Tato metoda využívá chemické reakce vody v rozdrceném vzorku měřeného materiálu s karbidem vápníku a určuje vlhkost kvantitativním stanovením produktu chemické rovnice (3).



Při reakci karbidu vápníku s vodou vzniká acetylen. Nádoba, ve které reakce probíhá je opatřena manometrem. Reakce probíhá okamžitě, přičemž vlhkost je určována na základě tlaku vyvinutého plynu. Výhodou této metody je možnost provádět jí in-situ. [2, 10, 53-56]



## 3. Experimentální část

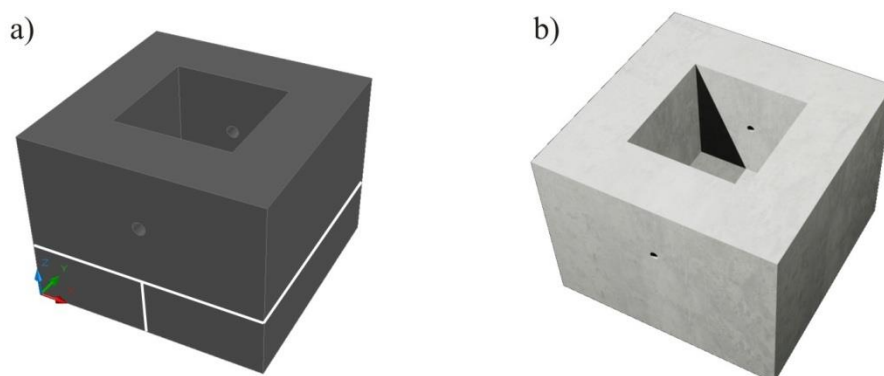
### 3.1 Řešení průsaku podzemní vody betonovou konstrukcí

Téma bylo řešeno v přímé návaznosti na problematiku průsaku vody do spodní stavby, která je řešena jako tzv. bílá vana (železobetonová monolitická základová vana z vodonepropustného betonu). Při průzkumu in-situ byl v rámci několika stavebních objektů zjištěn průsak vody do konstrukce trhlinami a pracovními spárami.

Hlavním cílem experimentu bylo co nejlépe nasimulovat podmínky, které vznikají v základových konstrukcích, které jsou realizované na principu tzv. bílé vany bez povlakových hydroizolací, pouze z vodonepropustného betonu. Zároveň bylo nutno navrhnout experiment tak, aby bylo možno konstrukci tzv. bílé základové vany porovnat s referenčním tělesem.

#### 3.1.1 Návrh a výroba zkušebních těles

Zkušební tělesa byla navržena tak, aby co nejvíce reflektovala problematická místa ve stavební konstrukci. Zkušební tělesa byla navržena jako zmenšené modely základové konstrukce s pracovní spárou ve dně a po obvodu pod stěnami. Dvě protilehlé stěny byly osazeny PVC trubicí imitující vstup bílou vanou (například vedení instalací TZB). Tloušťka stěn a dna zkušebních těles byla 150 mm. Dno zkušebních těles bylo vyztuženo čtyřmi betonářskými výtěžemi profilu 8 mm a zároveň byla zkušební tělesa osazena manipulačními úchyty. Před výrobou byl pro vizualizaci vytvořen model zkušebních těles (Obr. 9).



Obr. 9: 3D model zkušebních těles

a) Model zkušebního tělesa s vyznačením pracovních spár, b) Vizualizace zkušebního tělesa

Betonová směs (Tab. 2) použitá pro výrobu zkušebních těles byla vytvořena s vodním součinitelem 0,59. Použitý cement byl CEM I 42,5. Byla vyrobena celkem dvě zkušební tělesa, jedno zkušební těleso bylo z prostého betonu a dvě stěny byly opatřeny nátěrem Xypex Concentrate, druhé zkušební těleso bylo vytvořeno z betonu s krystalizační přísadou Xypex Admix C1000 (Obr. 10). Zkušební těleso z prostého betonu bylo označeno jako HS-01, zkušební těleso s přísadou Xypex bylo označeno jako HS-02. Každé zkušební těleso bylo doplněno příslušným počtem doprovodných těles – krychle s délkou hrany 150 mm.

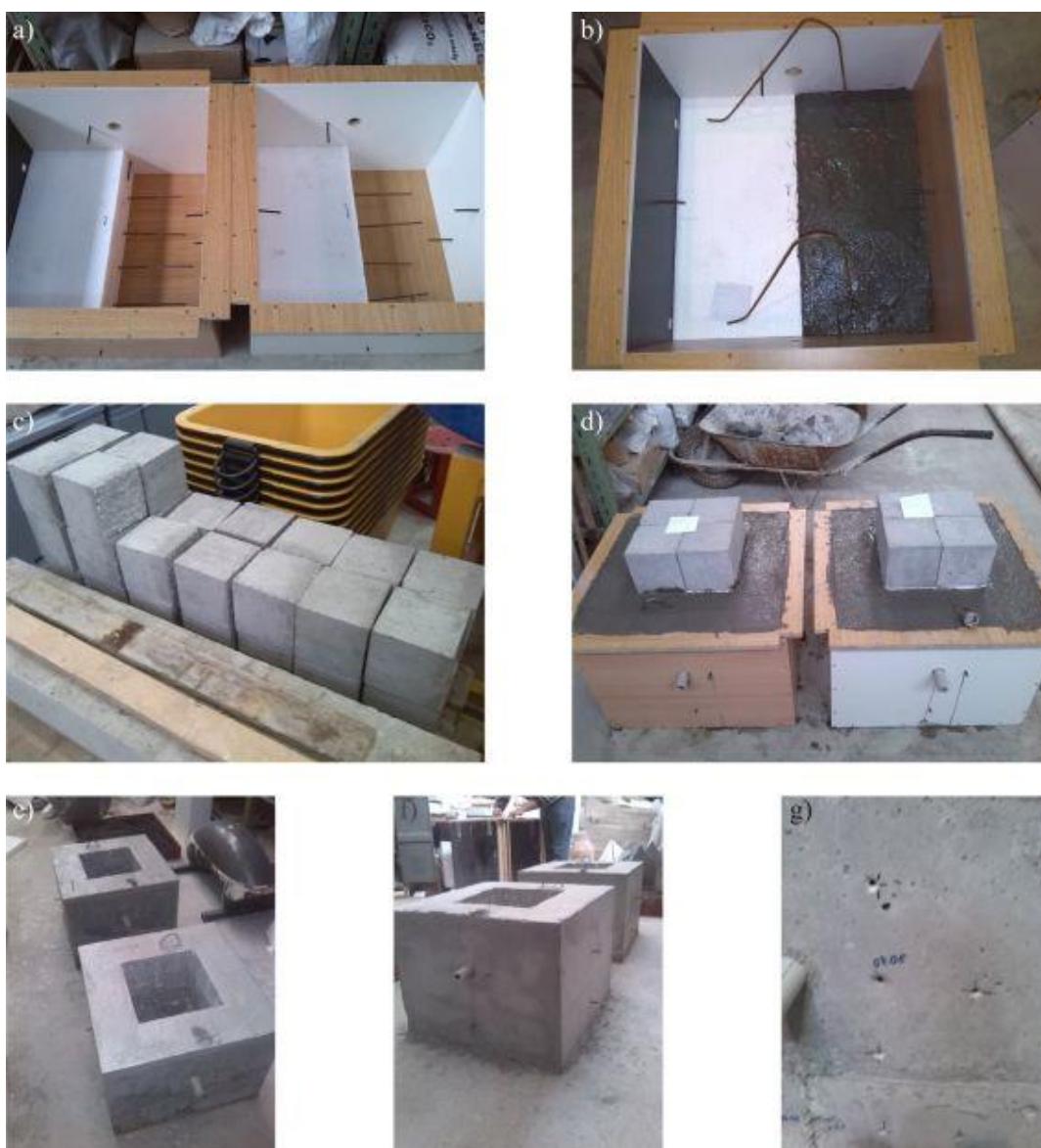
Při zkoušce sednutí kužele byl u směsi použité pro těleso HS-01 rozdíl výšky 50 mm, u tělesa HS-02 byl naměřen rozdíl výšky 70 mm. Zkouška pevnosti v tlaku byla testována na



doprovodných tělesech ve stáří 14 a 28 dní. Zkouškou bylo zjištěno, že beton lze zařadit do pevnostní třídy C 25/30.

Tab. 2: Složení použitého betonu [kg/m<sup>3</sup>]

Složení	Hmotnost [kg]
Cement CEM I 42,5	330
Kamenivo 0-4	860
Kamenivo 4-8	510
Kamenivo 8-16	455
Xypex Admix C1000	2,05
Voda	195,4



Obr. 10: Výroba zkušebních těles (foto autorka)

a) Bednění před vybetonováním první části dna, b) Vybetonovaná první polovina dna se zabetonováním manipulačních úchytů, c) Doprovodná zkušební tělesa, d) Vybetonovaná zkušební tělesa, e) Odbedněná zkušební tělesa, f) Zkušební těleso s nátěrem Xypex Concentrate na dvou stěnách, g) Příprava otvorů pro měření vlhkosti

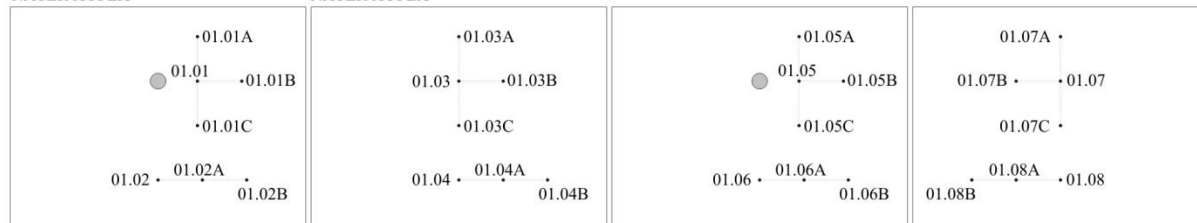


### 3.1.2 Měření vlhkosti

Vlhkost byla měřena průběžně (5 po sobě jdoucích týdnů ve stejný čas) pomocí odporového vlhkoměru Greisinger GMH 3810 s využitím kartáčových sond pro měření vlhkosti betonu GBSK 91. Ve stěnách bylo za tímto účelem vytvořeno několik otvorů, jejichž rozmístění na jednotlivých stěnách je patrné z Obr. 11.

#### HS-01

NÁTĚR XYPEX



#### HS-02



Obr. 11: Rozmístění otvorů pro měření vlhkosti ve zkušebních tělesech

Vnitřní prostor těles byl naplněn vodou a průběžně bylo sledováno nasáknutí do betonu viditelné na horní hraně a pomocí posuvného měřidla byl měřen úbytek hladiny vody (Obr. 12). Voda začala být do nádrže doplňována po 5 dnech.



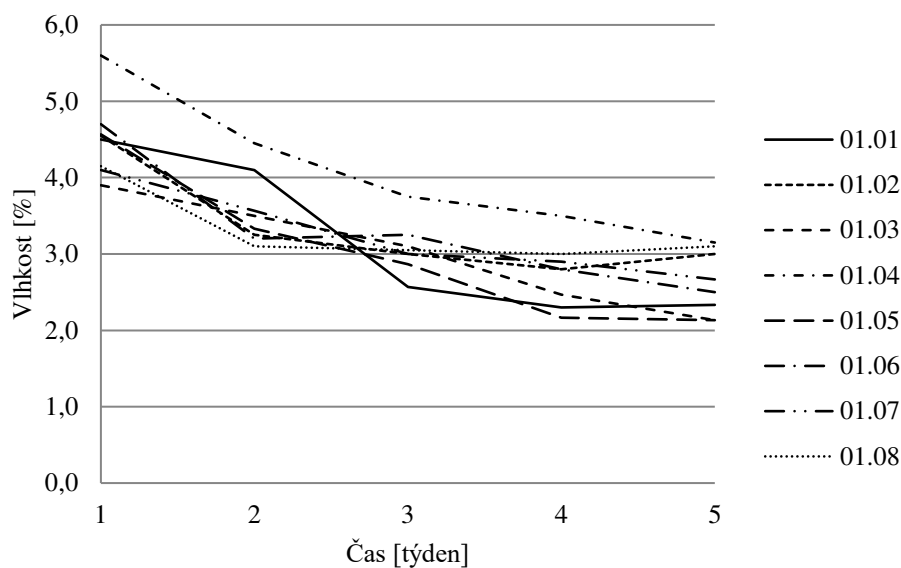
Obr. 12: Zkušební tělesa napuštěná vodou (foto autorka)

a) Těleso naplněné vodou, b) Průsak pracovní spárou HS-01, nátěr Xypex, c) Vysychající průsak spárou, d) Průsak tělesem HS-02, e) Nasáknutí vody do stěn HS-01, f) Průsak kolem otvoru, stěna s nátěrem Xypex

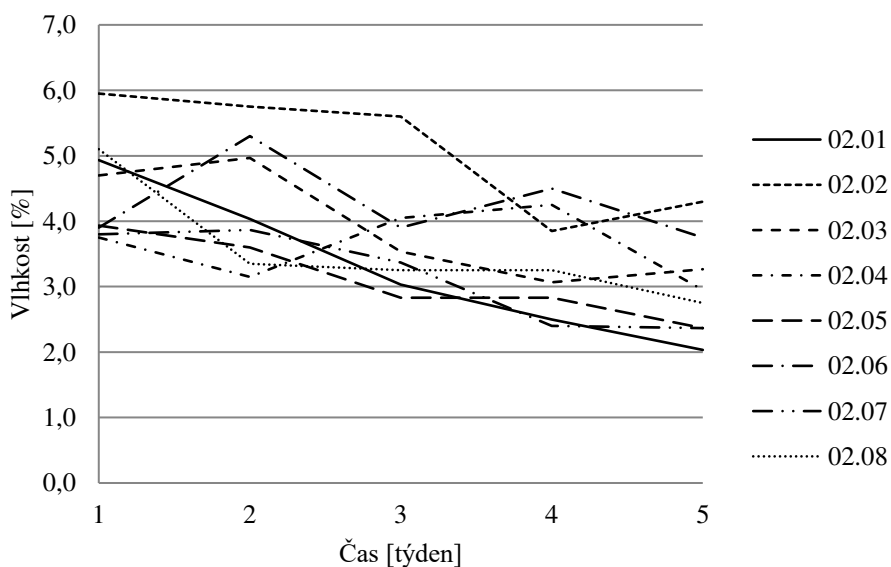


Hodnoty relativní vlhkosti zjišťované pomocí odporového vlhkoměru byly zaznamenávány a následně byly vyneseny do grafu (Obr. 13 a Obr. 14). Kolem měřících bodů 02, 03, 05 a 07 u obou těles byly hodnoty měřeny ve třech směrech, výsledná hodnota je aritmetickým průměrem naměřených hodnot. Kolem měřících bodů 02, 04, 06 a 08 byly hodnoty měřeny ve dvou směrech a výsledná hodnota vynesená do grafu je aritmetickým průměrem obou naměřených hodnot. Po celou dobu experimentu byl také měřen úbytek vodní hladiny (Obr. 15 a Obr. 16).

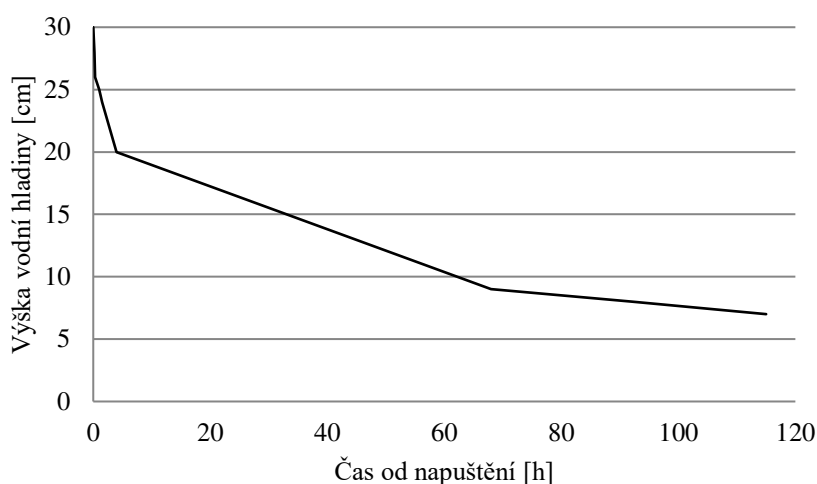
U obou zkušebních těles je ve všech bodech vidět trend postupného snižování vlhkosti ve všech měřených bodech.



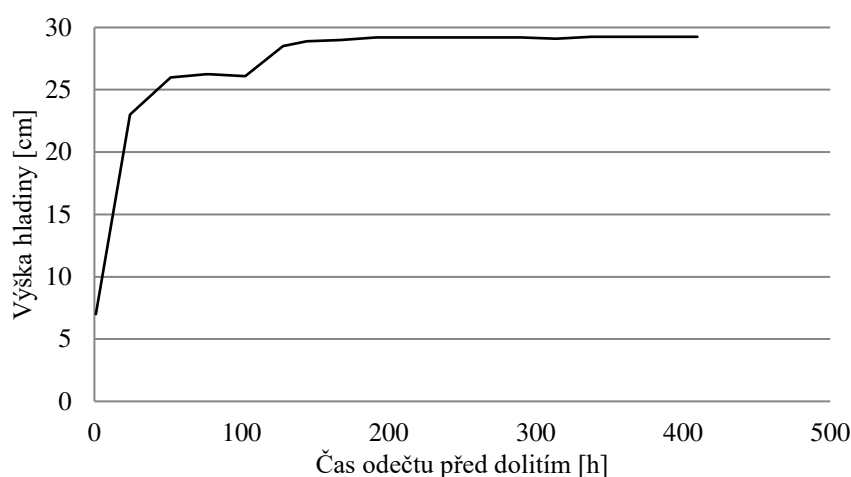
Obr. 13: Vývoj relativní vlhkosti ve stěnách zkušebního tělesa HS-01



Obr. 14: Vývoj relativní vlhkosti ve stěnách zkušebního tělesa HS-02



Obr. 15: Vývoj stavu hladiny během prvních pěti dnů po prvním napuštění HS-02



Obr. 16: Vývoj stavu vodní hladiny tělesa HS-02 po dolévání vodou

### 3.1.3 Diskuse výsledků

Po prvním napuštění zkušebních těles vodou došlo u zkušebního tělesa HS-02 k masivnímu průsaku vody spárou ve dně. Pokles hladiny činil 230 mm během pěti dnů. Následně byla voda pravidelně dolévána a postupně došlo k zastavení průsaku vody spárou.

Po prvotním nasáknutí stěn zkušebních těles se relativní vlhkost materiálu pohybovala okolo 4 – 5 % hm., posléze u obou zkušebních těles došlo k postupnému snižování vlhkosti v jednotlivých měřicích bodech. U zkušebního tělesa HS-01 se výsledná hodnota vlhkosti po 5 týdnech pohybovala mezi 2 – 4,2 % hm., u zkušebního tělesa HS-02 se výsledná hodnota vlhkosti po 5 týdnech pohybovala mezi 2 – 4,5 % hm.

Z výsledků vyplývá, že v prvotní fázi velice záleží na kvalitě provedení konstrukce – v případě zkušebního tělesa HS-02 nastal problém v pracovní spáře, nicméně postupem času došlo k postupnému uzavření trhliny. Tento jev má pravděpodobně spojitost nejen s autogenním hojením betonu, ale i s přísadou Xypex Admix, která byla ve zkušebním tělese HS-02 přítomna. Zacelování trhlin není mezi jednotlivými zkušebními tělesy porovnatelné, protože u zkušebního tělesa HS-01 nedošlo k tak masivnímu průtoku vody pracovní spárou, jako tomu bylo u tělesa HS-02.



## 3.2 Použití mikroorganismů pro kalcifikaci pórů a mikrotrhlin

V souvislosti s otázkami v oblasti samozacelování trhlin v betonu se v posledních letech v odborné veřejnosti hovoří o možnosti využití mikroorganismů. Nutnou podmínkou využití bakterií, případně plísní je, aby byly schopny kalcifikace, tedy aby byly schopny přežít v alkalickém prostředí a zároveň aby byly zdravotně nezávadné. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, zda je možno bakterii *Bacillus pseudofirmus* a plíseň *Trichoderma reesei* použít pro výrobu tzv. samohojitelného betonu (anglicky self-healing concrete), případně pro sanaci již stávajících konstrukcí. [21-24] Cílem tohoto experimentu bylo zejména porovnat účinnost použití mikroorganismů a anorganických krystalizačních nátěrů.

### 3.2.1 Výroba a příprava zkušebních těles

Pro výrobu zkušebních těles byla použita směs cementu (CEM I 42,5), kameniva (0-4) a vody v poměru viz Tab. 3. Průměr válcových zkušebních těles byl 55 mm a jejich výška 4-5 mm. Zároveň bylo zhotoveno i 10 zkušebních těles o průměru 57 mm a výšce 6 mm, z důvodu původně plánovaného testování na vodotlačné stolici – v průběhu experimentu se však ukázalo, že tato zkouška nebude možná, a proto byla u zkušebních těles měřena pouze rychlost nasáknutí vodou.

28 dní po betonáži byla tělesa ošetřována zakrytím, aby bylo omezeno jejich vysychání. Po celých 28 dní zůstala zkušební tělesa uložena ve formách. Poté byla odbedněna a následně byla vystavena UV záření z důvodu sterilizace po dobu 20 minut z každé strany. Následně byla uložena ve sterilních exsikátorech se 100% vzdušnou relativní vlhkostí po dobu 4 týdnů předtím, než začal samotný experiment. Vzorky, které nebyly pro inokulaci mikroorganismy použity, nadále zůstaly v exsikátorech se 100% vlhkostí pro možnost dalšího výzkumu (Obr. 17). Sterilizace UV zářením byla zvolena proto, aby nedošlo k nežádoucím změnám původního materiálu zkušebních těles, které by mohlo být způsobeno například vystavením zkušebních těles tlaku a teplotě v autoklávu, čímž by pak už jejich chemické složení neodpovídalo složení betonu na stavbě.

Tab. 3: Směs použitá pro výrobu zkušebních těles

Složení	Množství [kg / 1m <sup>3</sup> ]
Kamenivo 0-4	1954
CEM I 42,5	830
voda	373,5

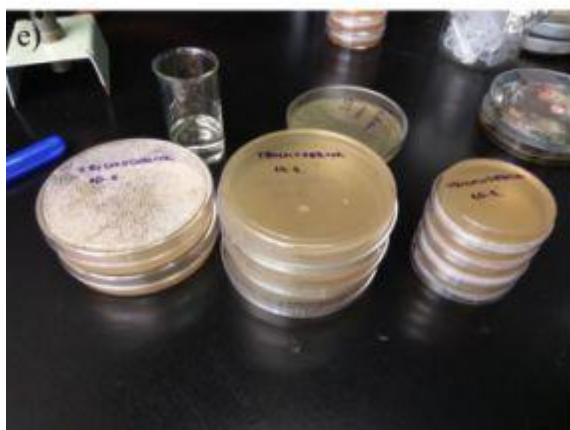
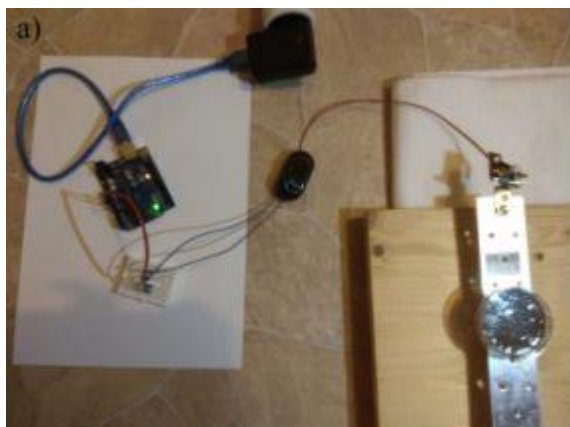
U zkušebních těles byla zjišťována jejich hmotnostní vlhkost a pH. Hmotnostní vlhkost zkušebních těles byla zjišťována pomocí analytických vah gravimetrickou metodou.

Naměřená hodnota hmotnostní vlhkosti u zkušebních těles před uložením do exsikátorů byla průměrně 3,03 % hm.

Alkalita zkušebních těles byla stanovena pomocí elektronického pH metru, hodnota pH byla průměrně 12,37.

Experiment byl vytvořen za podpory grantu SGS17/117/OHK1/2T/11.





Obr. 17: Příprava experimentu (foto autorka)

a) hutnění čerstvého betonu, b) ošetřování zkušebních vzorků, c) ozařování zkušebních těles UV zářením, d) uložení ozářených zkušebních těles v exsikátorech se 100% vlhkostí, e) rozočkování plísně *Trichoderma reesei* do Petriho misek se sladovým agarem, f) rozmnožování bakterie *Bacillus pseudofirmus* v médiu 253

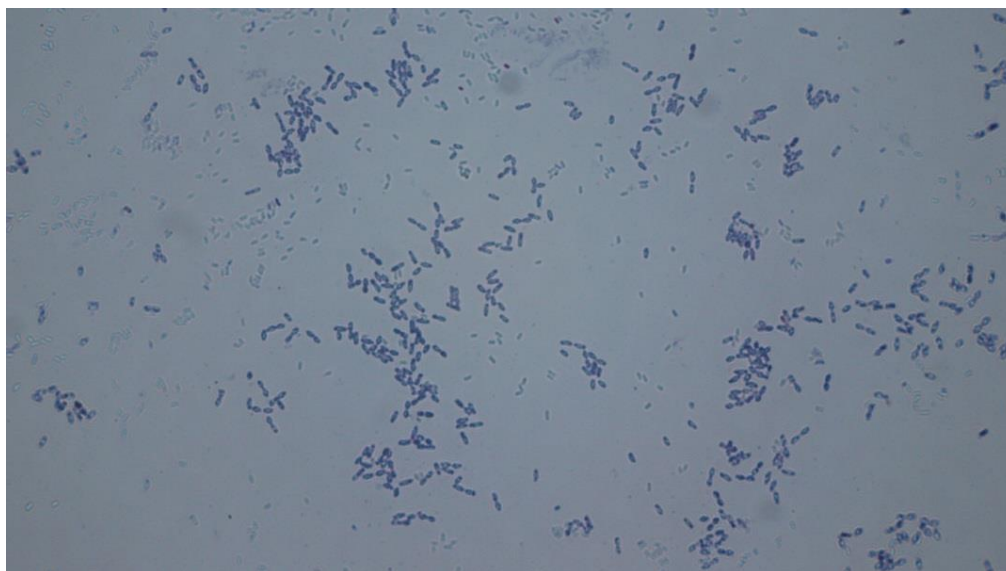




### 3.2.2 Příprava mikroorganismů a metodika zkoušky

#### *Bacillus pseudofirmus*

Pro rozmnožení bakterie (Obr. 18) bylo použito 253 médium, pro vytvoření spór bylo použito alkalické médium. Alkalita roztoků byla upravena pomocí pufru na hodnotu pH 10. Spóry byly využity pro vytvoření zálohy bakterií.



Obr. 18: *Bacillus pseudofirmus* (Olympus BX41, 1000x) (foto autorka)

Experiment probíhal ve dvou různých prostředích – v roztoku (byly zvoleny 3 různé roztoky) a v exsikátorech, které byly zvoleny z důvodu přiblížení skutečnému prostředí na stavbě.

Zkušební tělesa byla uložena do třech různých roztoků, které byly naočkovány bakteriemi:

1. roztok 253 médium
2. 2% roztok  $\text{CaCl}_2$  v 253 médiu
3. voda

Zároveň byly ve dvou Erlenmeyerových baňkách sledovány roztoky 253 média a 2% roztoku  $\text{CaCl}_2$  v 253 médiu jako referenční vzorky. Všechny vzorky byly umístěny po celou dobu na třepačce (Obr. 19).

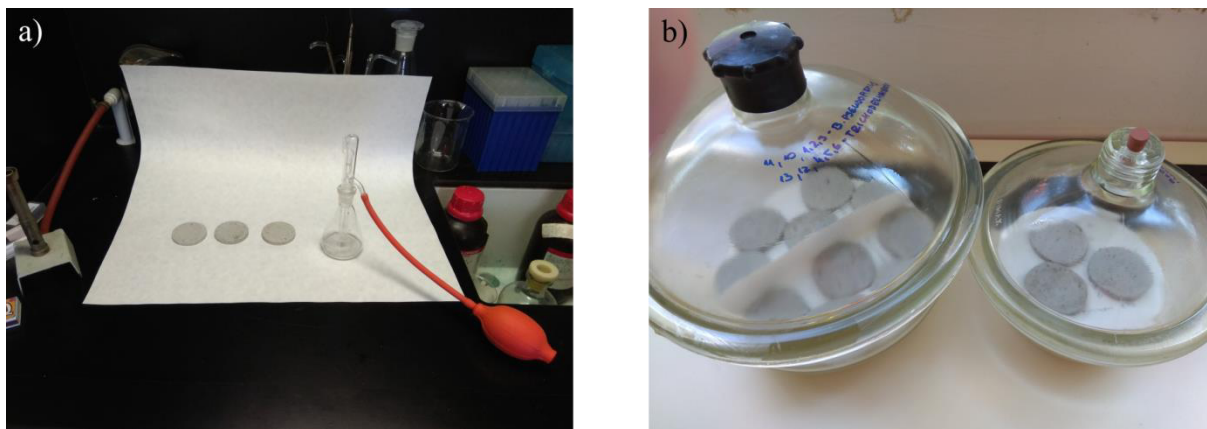
Po celou dobu experimentu byla u všech pěti roztoků sledována růstová křivka. Zároveň bylo u roztoku média 253 naměřeno spektrum.



Obr. 19: Uchovávání zkušebních těles v roztocích (foto autorka)



V exsikátorech byla zkušební tělesa přestříkávána připraveným roztokem 253 média s bakteriemi. Jako referenční zkouška byla 3 zkušební tělesa umístěna do samostatného exsikátoru, ve kterém nebyla inokulována (Obr. 20).

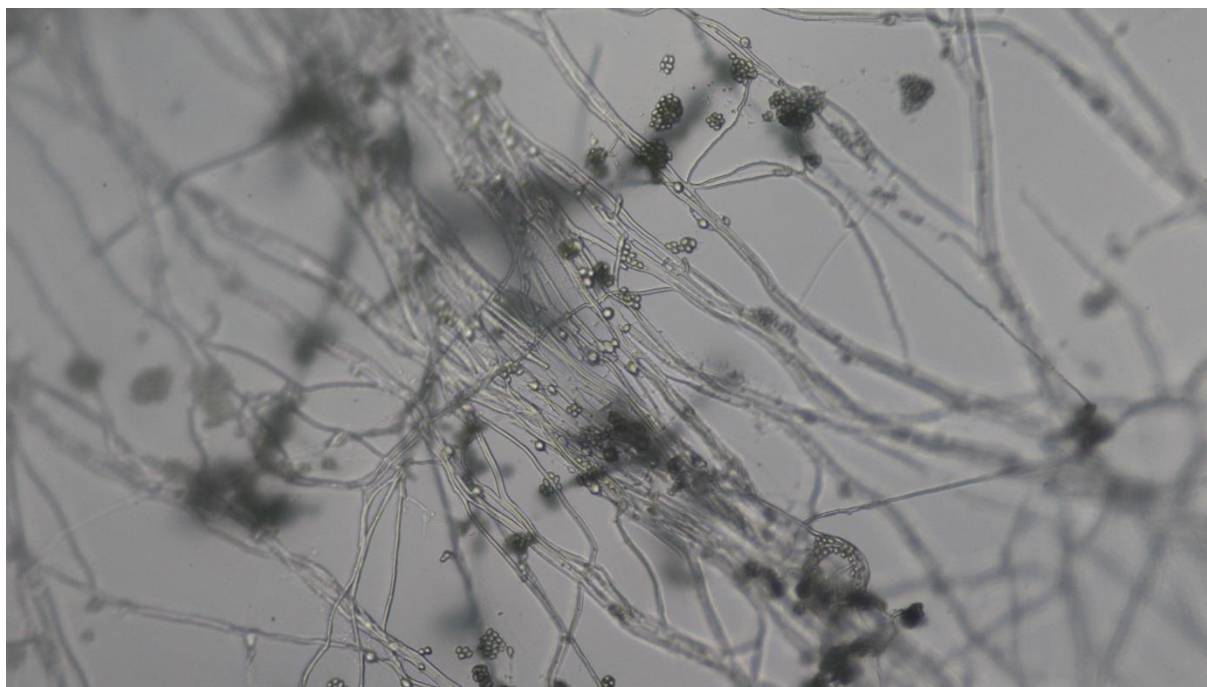


Obr. 20: Vzorky v exsikátorech (foto autorka)

a) očkování vzorků pro uložení v exsikátorech, b) uložení vzorků v exsikátorech

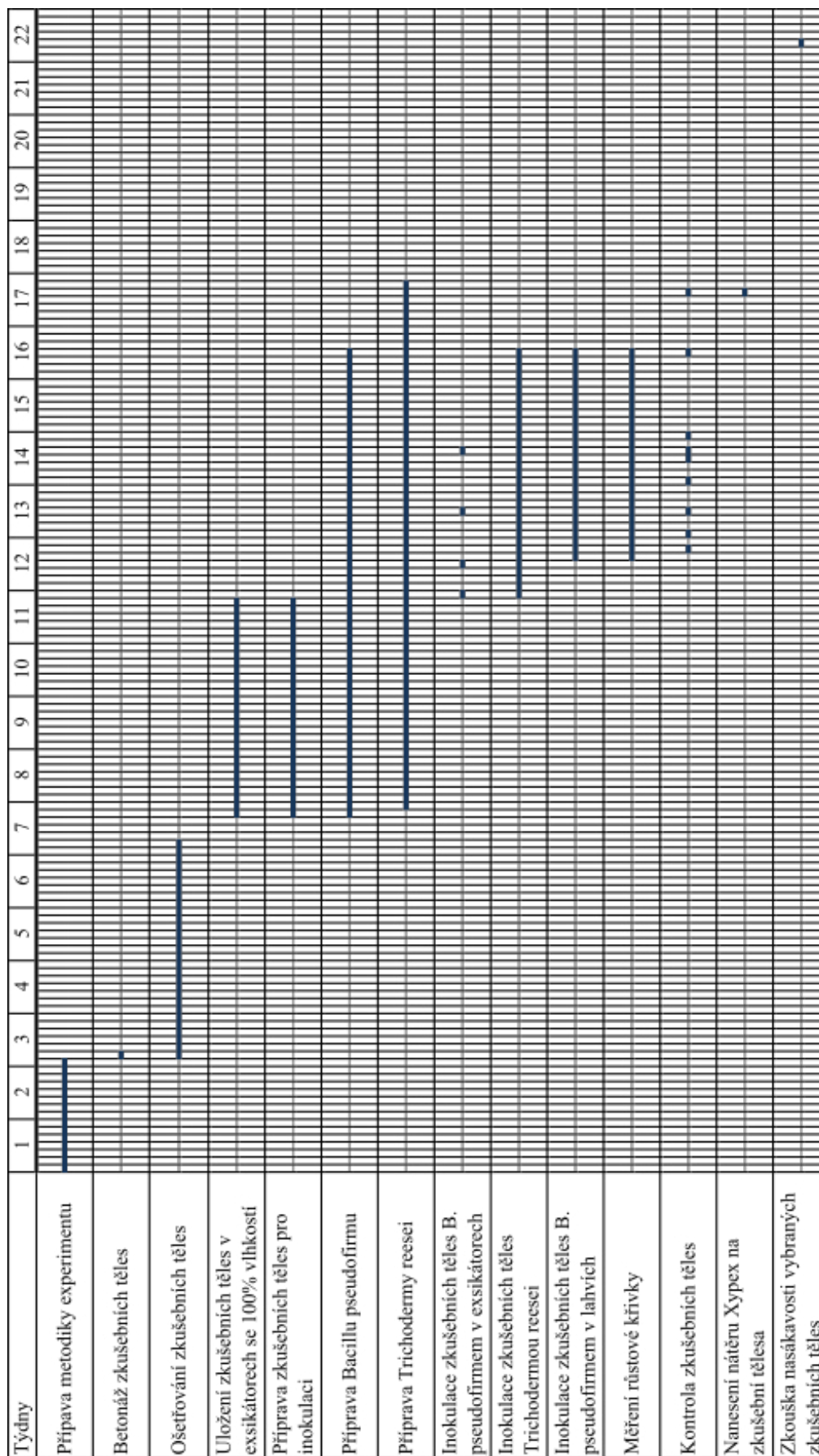
### *Trichoderma reesei*

Plíseň (Obr. 21) byla rozmnožována na sladovém agaru pro vytvoření záloh. Následně byla provedena inokulace zkušebních těles.



Obr. 21: *Trichoderma reesei* (Olympus BX41, 100x) (foto autorka)

Experiment probíhal ve dvou různých prostředích – na agaru a v exsikátorech, které byly zvoleny z důvodu přiblížení se skutečnému prostředí na stavbě (Obr. 22).



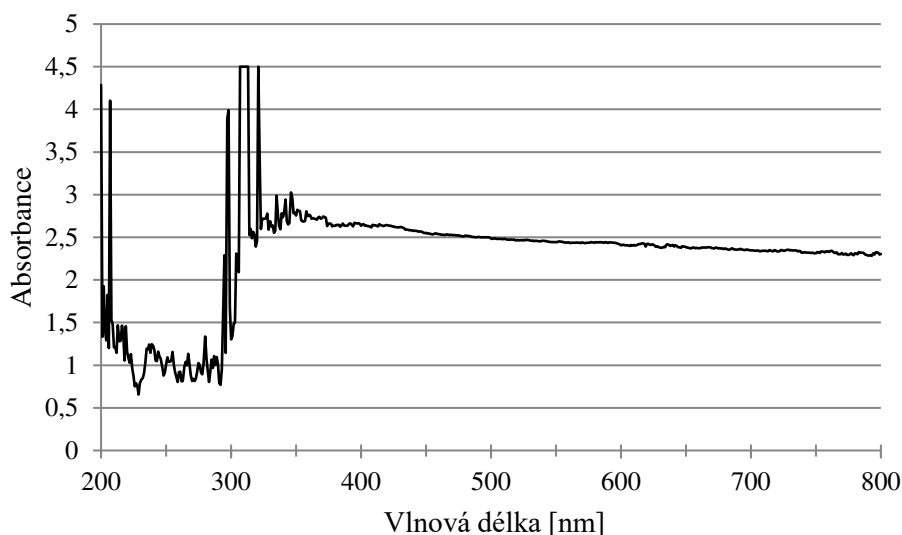
Obr. 22: Harmonogram experimentu



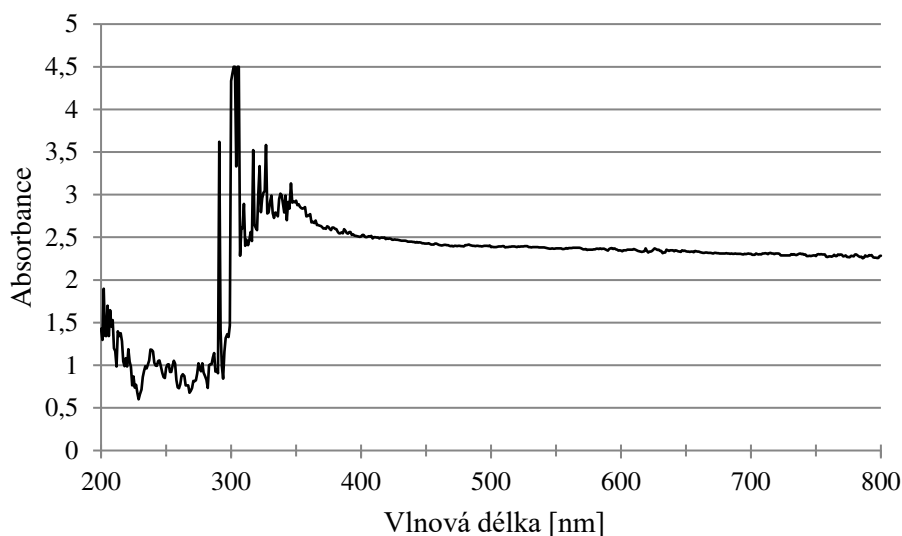
### 3.2.3 Vývoj bakterie *Bacillus pseudofirmus*

#### Médium

U roztoku bakterií v médiu 253 bylo měřeno spektrum pomocí přístroje Spectroquant® Pharo 300. Nejprve bylo spektrum měřeno u roztoku, který byl použit pro inokulaci betonových zkušebních těles uložených v exsikátorech, podruhé bylo spektrum měřeno u roztoku, který byl použit pro uložení zkušebních těles v lahvích (Obr. 23 a Obr. 24).



Obr. 23: Spektrum média 253 s bakteriemi – inokulace exsikátorů



Obr. 24: Spektrum média 253 s bakteriemi použitého pro inokulaci vzorků v lahvích

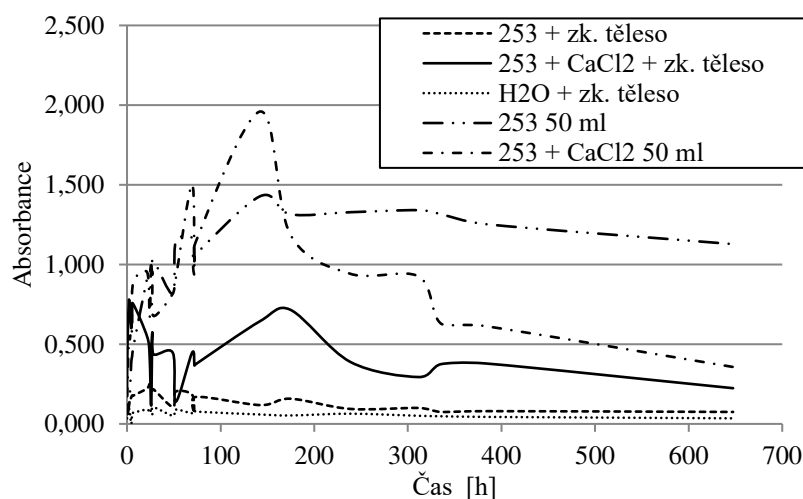
#### Růstové křivky

Pro zkušební tělesa umístěná v roztocích byly měřeny růstové křivky bakterií (Tab. 4 a Obr. 25) pomocí mikrotitrační destičky přístrojem Opsys MR od firmy Dynex. Růstové křivky bakterií byly zjišťovány i pro referenční roztoky – médium 253 a médium 253 s příměsí  $\text{CaCl}_2$ . Oba referenční roztoky byly o v Erlenmeyerových baňkách o objemu 50 ml.



Tab. 4: Růstové křivky

Datum	Čas	Médium 253 + zkušební těleso	Médium 253 + CaCl <sub>2</sub> + zkušební těleso	H <sub>2</sub> O + zkušební těleso	Médium 253 50 ml	Médium 253 + CaCl <sub>2</sub> 50 ml
12.06.2018	10:30	0,101	0,174	0,035	0,101	0,174
12.06.2018	11:00	0,119	0,501	0,034	0,061	0,249
12.06.2018	12:30	0,127	0,774	0,094	0,110	0,546
12.06.2018	13:30	0,145	0,727	0,076	0,176	0,530
12.06.2018	15:00	0,166	0,600	0,069	0,388	0,601
12.06.2018	16:00	0,179	0,699	0,067	0,425	0,577
12.06.2018	17:00	0,177	0,753	0,070	0,475	0,883
13.06.2018	8:00	0,223	0,547	0,090	0,915	0,951
13.06.2018	10:40	0,250	0,422	0,069	0,939	0,668
13.06.2018	12:15	0,210	0,115	0,870	0,996	0,982
13.06.2018	13:33	0,209	0,565	0,061	0,936	0,867
13.06.2018	14:50	0,217	0,437	0,104	1,024	0,677
14.06.2018	11:30	0,106	0,445	0,051	0,816	0,818
14.06.2018	14:30	0,203	0,139	0,090	1,141	0,908
15.06.2018	8:00	0,183	0,447	0,067	1,167	1,503
15.06.2018	10:30	0,067	0,366	0,085	1,020	0,938
15.06.2018	12:00	0,169	0,375	0,077	1,064	1,143
18.06.2018	9:00	0,118	0,646	0,059	1,429	1,960
19.06.2018	17:00	0,158	0,716	0,053	1,315	1,188
22.06.2018	9:00	0,094	0,389	0,064	1,328	0,942
25.06.2018	10:00	0,100	0,294	0,051	1,341	0,925
26.06.2018	10:00	0,075	0,375	0,048	1,316	0,629
28.06.2018	10:00	0,080	0,379	0,440	1,253	0,613
09.07.2018	10:00	0,075	0,224	0,035	1,128	0,357



Obr. 25: Růstové křivky





### Výsledky zkušebních těles umístěných v médiu 253

Na povrchu všech zkušebních těles se vytvořily bílé, křehké krystaly 2 dny po inokulaci. K dalšímu vývoji ovšem nedošlo (Obr. 26).

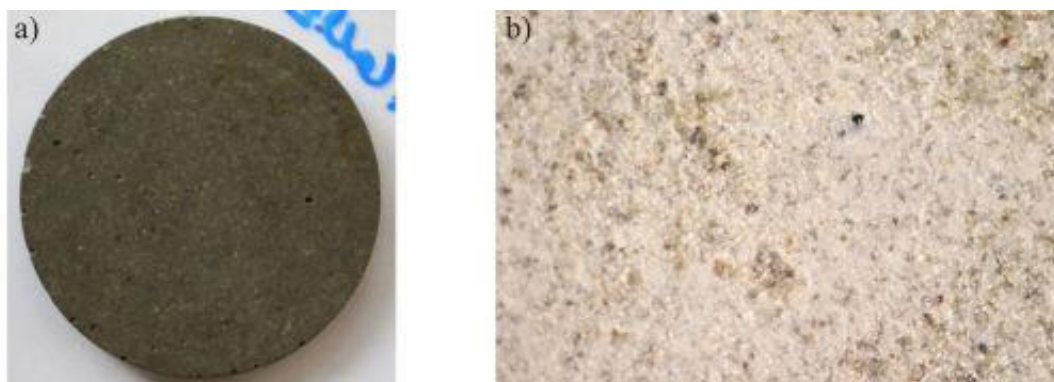


Obr. 26: Povrch zkušebních těles uchovávaných v médiu 253 (foto autorka)

a) Pohled na celý vzorek, b) Krystal na povrchu vzorku (Olympus BX41, 100x), c) Krystal na povrchu vzorku (Olympus BX41, 100x), d) Krystal z povrchu vzorku ve vodném roztoku (Olympus BX41, 100x)

### Výsledky zkušebních těles umístěných v 2% roztoku $\text{CaCl}_2$ v médiu 253

Po celou dobu experimentu nedošlo na povrchu zkušebního tělesa k pozorovatelným změnám (Obr. 27). Růstová křivka roztoku byla obtížně měřitelná vzhledem k přítomnosti  $\text{CaCl}_2$  v roztoku, díky němuž bylo médium nerovnoměrně zakalené bíložlutým zákalem.



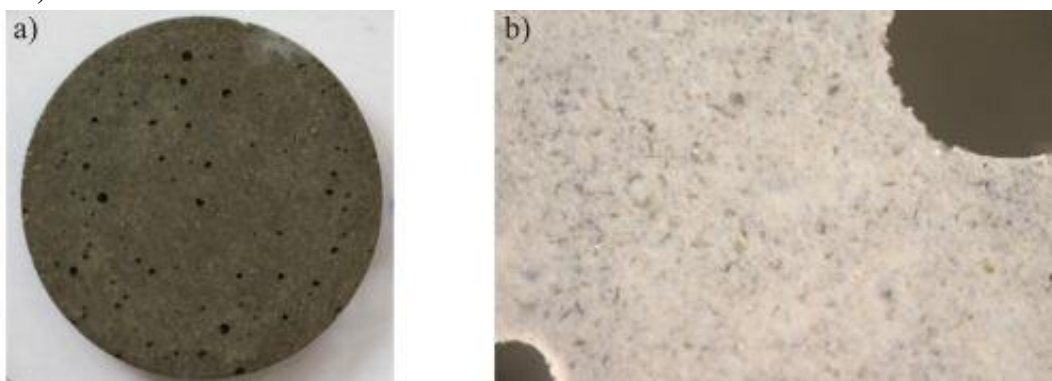
Obr. 27: Povrch zkušebního tělesa uloženého v médiu 253 s 2% roztokem  $\text{CaCl}_2$  (foto autorka)

a) Pohled na celý vzorek, b) Povrch vzorku (Olympus BX41, 100x)



### Výsledky zkušebních těles umístěných v médiu H<sub>2</sub>O

Po celou dobu experimentu nedošlo na povrch zkušebního tělesa k pozorovatelným změnám (Obr. 28).



Obr. 28: Povrch zkušebního tělesa umístěného ve vodě (foto autorka)  
a) Pohled na celý vzorek, b) Povrch vzorku (Olympus BX41, 100x)

### Exsikátor

Zkušební tělesa umístěná v exsikátorech byla opakovaně inokulována bakteriemi v 253 médiu (Obr. 29 a Obr. 30). Kontrola zkušebních těles pod mikroskopem ukázala, že na povrchu vzorků nedošlo vlivem bakterie *Bacillus pseudofirmus* k žádným změnám.



Obr. 29: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka)



Obr. 30: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka)



### 3.2.4 Vývoj plísně *Trichoderma reesei*

#### Agar

V rámci experimentu bylo sledováno celkem 9 vzorků:

- 5 inokulovaných vzorků s betonovými zkušebními tělesy (označené čísly 1-5)
- 3 neinokulované vzorky s betonovými zkušebními tělesy (označené čísly 6-8)
- 1 inokulovaný referenční vzorek bez betonového zkušební tělesa (označený číslem 9)

Ve všech případech byl použit sladový agar.

Vzorky byly inokulovány spórami 7. 6. 2018 a první fotografie byly pořízeny 13. 6. 2018, kdy začal být na okraji Petriho misky patrný růst plísně. Vzorky byly pravidelně sledovány a byla pořizována fotodokumentace. Experiment byl ukončen 9. 7. 2018.

Pro přípravu inokulačního roztoku byly použity spóry plísně rozředěné v Tweenu přefiltrované přes fritu (Obr. 31). Stejným inokulačním roztokem byla inokulována i betonová zkušební tělesa umístěná v exsikátorech.

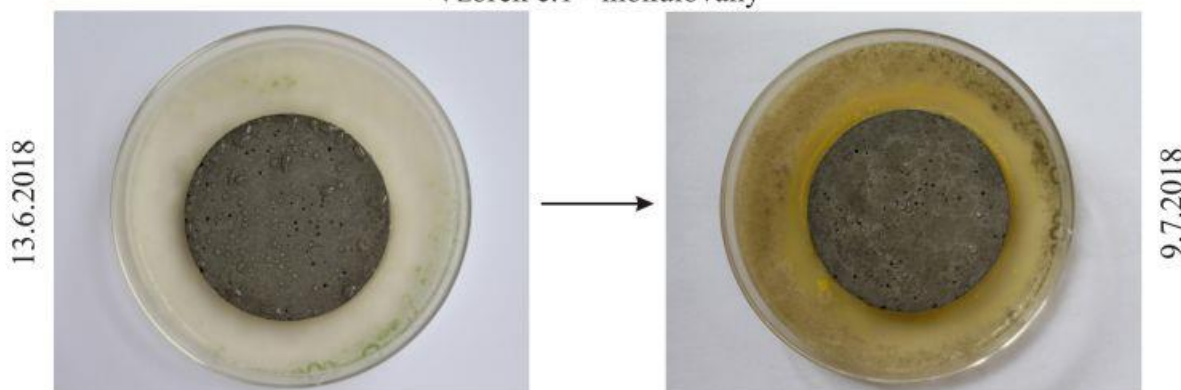
Na fotografiích z průběhu experimentu je patrné, že plíseň dobře rostla při okrajích Petriho misek, ale okolo betonových vzorků zůstalo místo bez výrazného růstu plísně. Tento jev je nejspíše zaviněn příliš vysokým pH betonových zkušebních těles. Lze předpokládat, že se snížením pH (v reálné konstrukci např. karbonatací betonu) by došlo k snazšímu osídlení betonu *Trichodermou reesei*.



Obr. 31: Spóry *Trichodermy reesei* použité pro výrobu inokulačního roztoku (Olympus BX41, 100x)  
(foto autorka)

#### Stav *Trichodermy reesei* na začátku a na konci sledovaného období

Vzorek č.1 - inokulovaný







Vzorek č.2 - inokulovaný

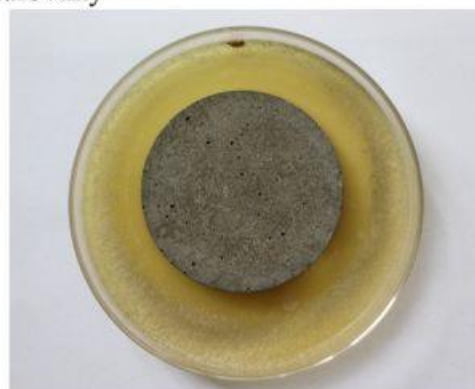
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.3 - inokulovaný

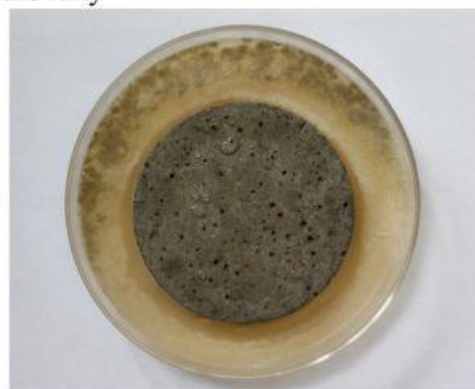
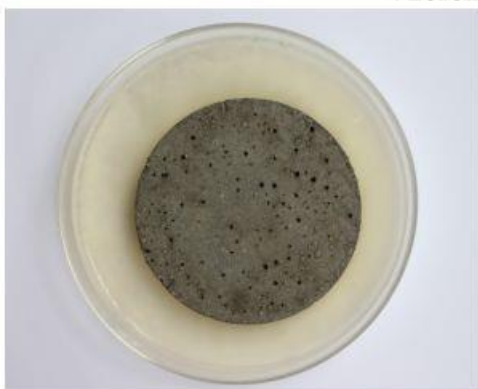
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.4 - inokulovaný

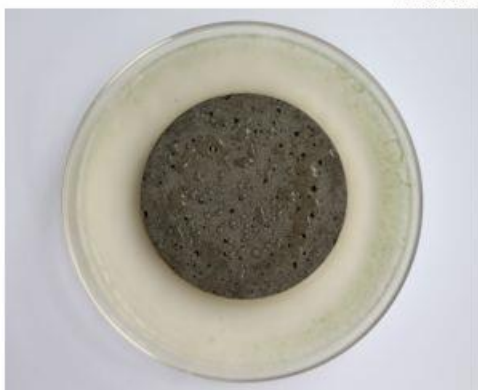
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.5 - inokulovaný

13.6.2018

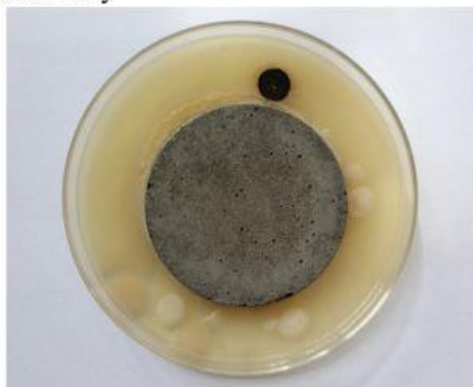
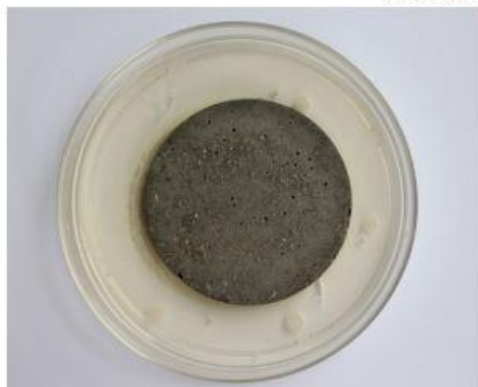


9.7.2018



Vzorek č.6 - neinokulovaný

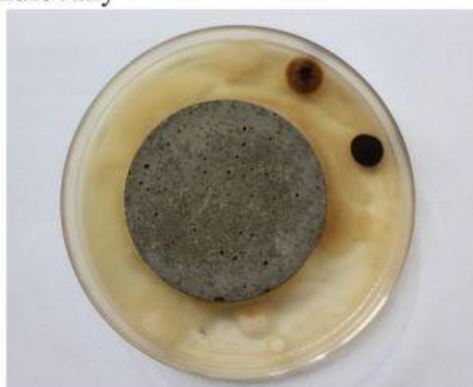
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.7 - neinokulovaný

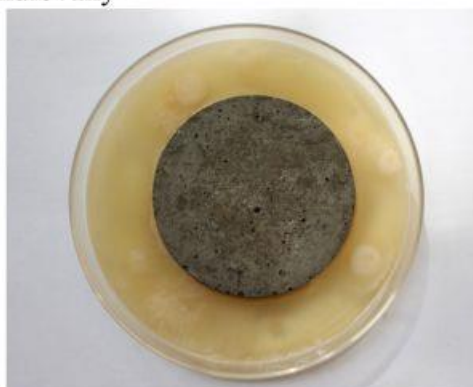
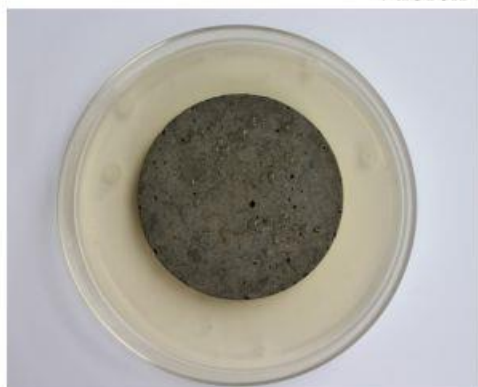
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.8 - neinokulovaný

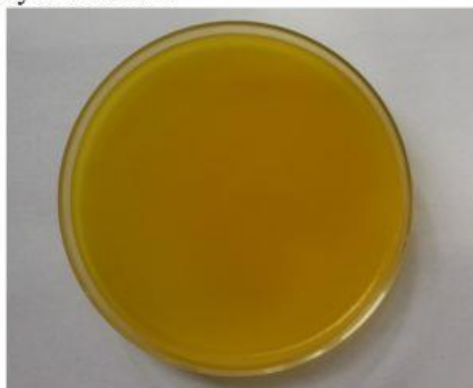
13.6.2018



9.7.2018

Vzorek č.9 - inokulovaný referenční

13.6.2018



9.7.2018





Vývoj *Trichodermy reesei* během sledovaného období

	Inokulované		Neinokulované				Reference		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13.6.2018									
15.6.2018									
18.6.2018									
22.6.2018									
25.6.2018									
28.6.2018									
9.7.2018									



### Exsikátor

Zkušební tělesa umístěná v exsikátorech byla inokulována roztokem spór v Tweenu. Vzorky byly v průběhu experimentu několikrát přestříkány inokulačním roztokem. Kontrola zkušebních těles pod mikroskopem ukázala, že na povrchu těles nedošlo ke změnám způsobeným působením *Trichodermy reesei* (Obr. 32 a Obr. 33).



Obr. 32: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka)



Obr. 33: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka)

### 3.2.5 Vývoj referenčních vzorků v exsikátorech

Referenční zkušební tělesa byla umístěná v samostatném exsikátoru ve 100% vlhkosti a po celou dobu experimentu nebyla inokulována. Kontrola referenčních těles pod mikroskopem ukázala, že na povrchu nedošlo k žádným změnám. Povrch referenčních těles odpovídal povrchu těles inokulovaných plísní a bakterií, z toho lze soudit, že u inokulovaných zkušebních těles nedošlo k ovlivnění struktury povrchu mikroorganismy (Obr. 34 a Obr. 35).





Obr. 34: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka)

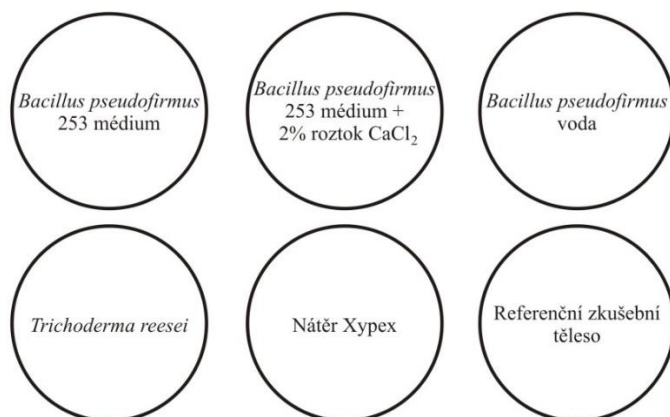


Obr. 35: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka)

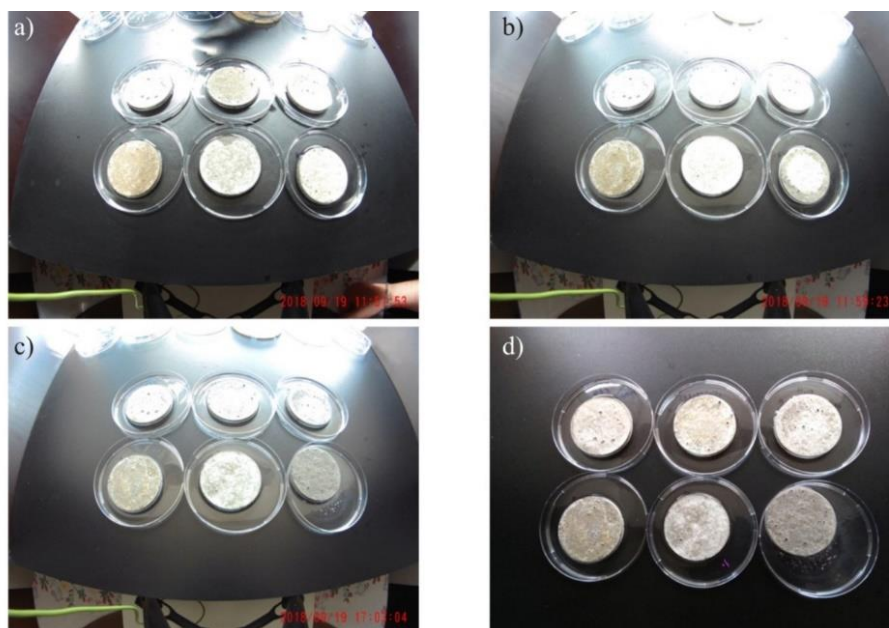
### 3.2.6 Zkouška nasákavosti vzorků

Pro zkoušku nasákavosti byla použita zkušební tělesa o průměru 57 mm a výšce 6 mm. Zkoušená tělesa byla umístěna do Petriho misek, které obsahovaly 15 ml vody a celý experiment byl sledován pomocí digitální kamery Niceboy VEGA 5 pop, kterou byly pořízeny časosběrné snímky (Obr. 37). Rozložení jednotlivých zkušebních těles je zobrazeno na Obr. 36. Experiment trval přibližně 6 hodin, poté byl ukončen, protože nedocházelo k dalším viditelným změnám.

V prvních minutách experimentu došlo k úplnému nasáknutí referenčního zkušebního tělesa. Během průběhu experimentu nedošlo k vyschnutí tělesa. U všech ostatních zkušebních těles nedošlo za celou dobu průběhu experimentu k žádnému prosáknutí vody na horní povrch zkušebních těles.



Obr. 36: Konfigurace zkoušky nasákavosti zkušebních těles



Obr. 37: Ukázka časosběrných snímků z průběhu zkoušky nasákavosti (foto autorka)  
a) 11:51 (zahájení experimentu), b) 11:59, c) 17:03, d) 17:45 (ukončení experimentu)

### 3.2.7 Diskuse výsledků

Výsledky potvrdily, že je nutné pro růst mikroorganismů zařídit co nejpříznivější prostředí. Ukázalo se, že plíseň *Trichoderma reesei* má problém s vysokou alkalitou čerstvého betonu. U vzorků uložených v médiu 253 očkovaném bakterií *Bacillus pseudofirmus* došlo na povrchu zkušebních těles k nárůstu bílých krystalů – pravděpodobně vápenných. U těles uložených v exsikátorech nebyly na površích patrné žádné změny.

Zkouška nasákavosti ukázala, že byť na povrchu nebyly patrné žádné viditelné změny, uvnitř struktury zkušebních těles došlo ke zlepšení vodonepropustnosti. Tento poznatek se týkal všech zkoumaných vzorků až na referenční těleso, které bylo po celou dobu experimentu uloženo v exsikátoru se 100% relativní vlhkostí vzduchu.

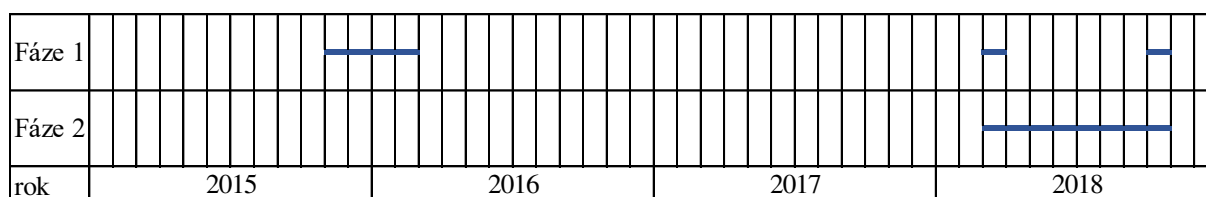
Výsledky provedených experimentů ukázaly, že použitelnost dané technologie v podmínkách stavební výroby by byla problematická (vysoká citlivost zkoumaných mikroorganismů na parametry prostředí). Tento závěr potvrdil správnost primárního zaměření disertační práce na zvýšení autogenního hojení betonu prostřednictvím krystalizačních přísad.



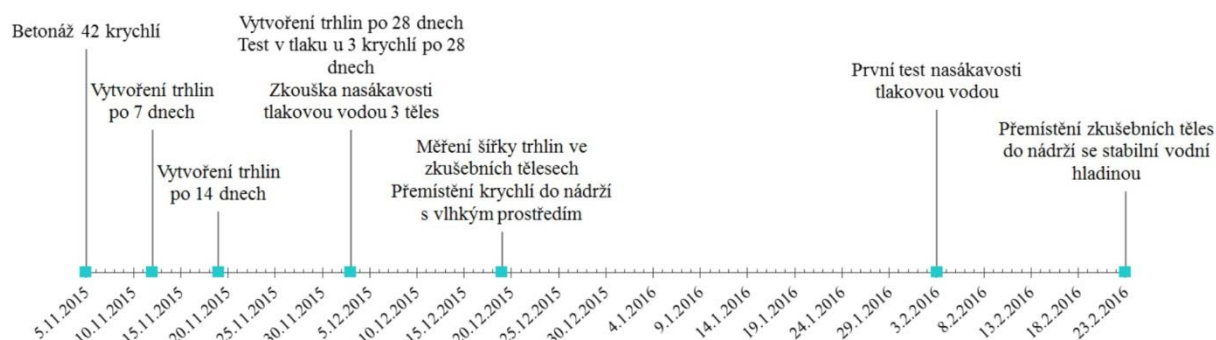
### 3.3 Studium vlivu krystalizačních přísad na posílení autogenního hojení betonu

Tato část výzkumu je těžištěm řešeného tématu v rámci disertační práce.

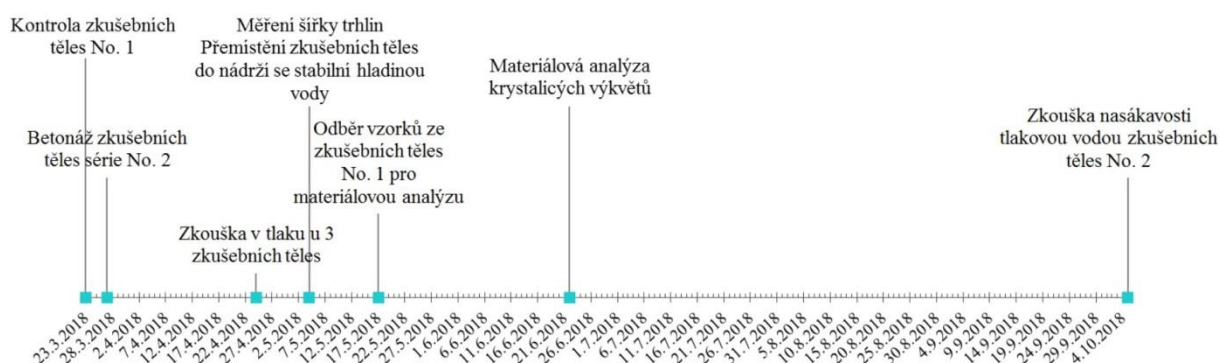
Pro ověření vlivu krystalizační příměsi na posílení schopnosti autogenního hojení betonu („zarůstání“ trhlin) byly v rámci projektu SGS17/117/OHK1/2T/11 vyrobeny dvě sady zkušebních těles. Experiment byl dlouhodobého charakteru, probíhal od roku 2015 do roku 2018 (Obr. 38). Experiment tak byl rozdělen do dvou fází. První fáze začala v listopadu 2015 a druhá fáze začala v březnu 2018 (Obr. 39 a Obr. 40).



Obr. 38: Harmonogram experimentu



Obr. 39: Časová osa experimentu – fáze 1



Obr. 40: Časová osa experimentu – fáze 2

#### 3.3.1 Fáze 1: Zkušební tělesa No. 1

Bylo vybetonováno celkem 42 zkušebních těles ve tvaru krychle s hranou délky 150 mm. Pro výrobu zkušebních těles byl použit beton C 25/30. Zásadní otázkou při výrobě byl pracovní postup, který by dokázal nasimulovat co nejreálnější chování trhlin ve stavební konstrukci. Bylo rozhodnuto o dodatečném vytvoření trhlin po ztvrdnutí betonové směsi. Do směsi byla přidána přísada Xypex Admix C1000 a polypropylenová vlákna FORTA-FERRO® (Tab. 5).

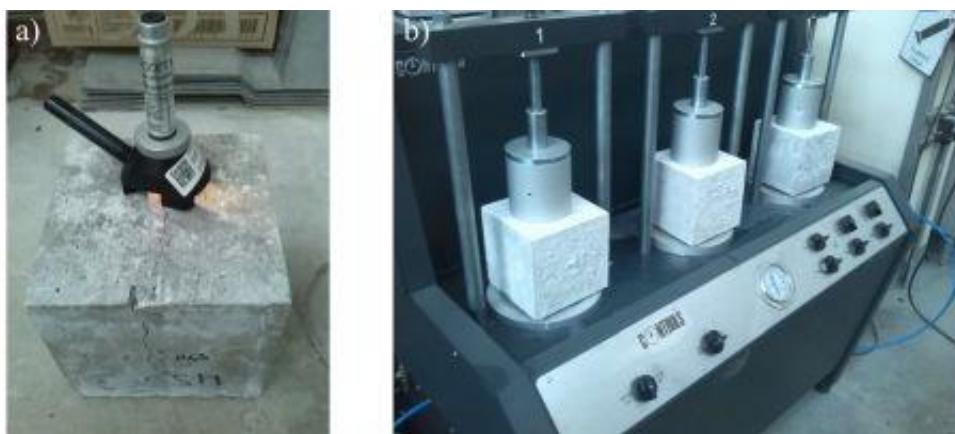




Tab. 5: Složení betonové směsi pro výrobu zkušebních těles [kg/m<sup>3</sup>]

Složení	Hmotnost [kg]
Cement CEM I 42,5	330
Kamenivo 0-4	860
Kamenivo 4-8	510
Kamenivo 8-16	455
Xypex Admix C1000	2,05
Voda	195,4
Vlákna Forta-Ferro	1,29

Polypropylenová vlákna byla ve směsi použita, aby bylo možno vytvořit ve zkušebních tělesech trhliny, aniž by došlo k rozpadu zkušební tělesa. Po odbednění byla zkušební tělesa uložena v nádržích, celá ponořená pod hladinu vody. Po 7, 14 a 28 dnech bylo vždy náhodně vybráno 6 zkušebních těles, ve kterých byla pomocí zkušebního stroje pro zatížení v příčném tahu vytvořena trhlina. Po vytvoření trhliny byla zkušební tělesa vždy vrácena zpět do nádrže s vodou. Šířka trhlin byla měřena pomocí přístroje Electrometer 900 (Obr. 41a). 28 dní od betonáže bylo náhodně vybráno 6 neporušených zkušebních těles. U 3 těles byla provedena zkouška pevnosti v tlaku a u 3 těles byla provedena zkouška nasákavosti tlakovou vodou pomocí přístroje Controls 55-C0246/6. (Obr. 41b)



Obr. 41: Příprava zkušebních těles (foto autorka)  
a) Měření trhlin, b) Zkouška nasákavosti tlakovou vodou

Po 45 dnech od betonáže byla všechna zkušební tělesa s trhlinami přemístěna do nádrže s vlhkým prostředím, kde nebyla v přímém kontaktu s vodní hladinou. Zde byla uložena následujících 65 dní. Poté byla zkušební tělesa s trhlinami přemístěna do speciálních přepravek, kde byla po celou dobu experimentu udržována konstantní hladina vody výšky 20-30 mm ode dna přepravek (Obr. 42). Zde tělesa setrvala po zbývající dobu experimentu, než byla vyjmuta a byla provedena prvková analýza výkvětu.





Uložení těles pod hladinou vody



Uložení těles ve vlhkých nádržích



Uložení těles v přepravkách s konstantní hladinou vody

Obr. 42: Vývoj umístění zkušebních těles s trhlinami (foto autorka)

90 dní od betonáže byl u zkušebních těles s trhlinou proveden test vodonepropustnosti tlakovou vodou, metodika zkoušky vycházela z normy ČSN EN 12390-8: *Zkoušení čerstvého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. U všech zkušebních těles okamžitě po zahájení zkoušky došlo k průtoku vody trhlinou a test byl předčasně ukončen. U zkušebních těles No.1 byl proveden ještě druhý test, tentokrát 220 dní od betonáže, výsledek byl však stejný jako v případě první zkoušky (Obr. 43).



Obr. 43: Průsak zkušebními tělesy při provádění zkoušky (foto autorka)  
a) Zkouška 90 dní po betonáži, b) Zkouška 220 dní po betonáži



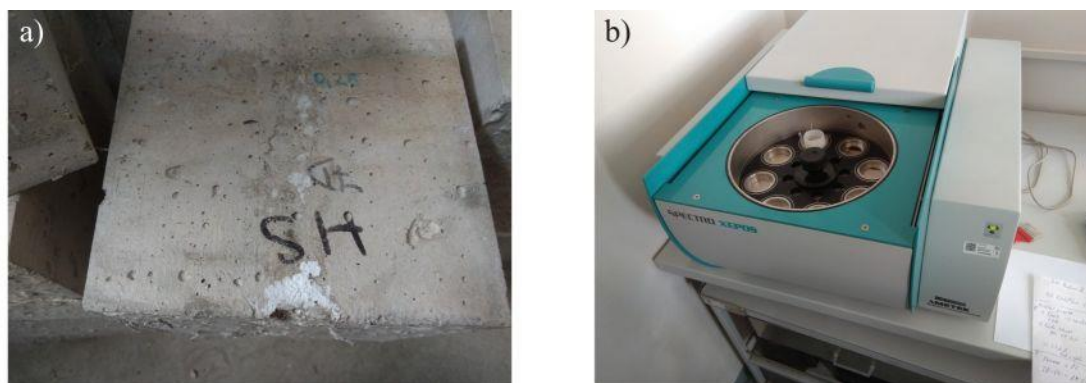
Zkouška nasákavosti tlakovou vodou u těles neporušených trhlinami byla zopakována 7. 6. 2018 (Tab. 6)

Tab. 6: Zkouška nasákavosti neporušených zkušebních těles No. 1

Číslo vzorku	No. 1	
	5. 12. 2015	7. 6. 2018
1	40,0	62,0
2	79,0	50,0
3	31,0	54,0
<b>Ø</b>	<b>50,0</b>	<b>55,3</b>

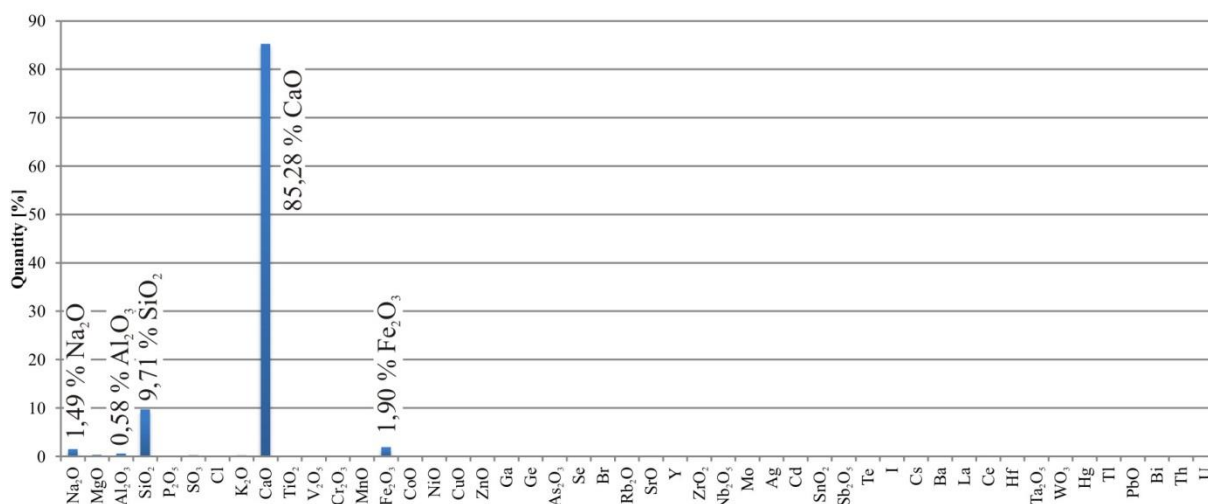
V trhlinách zkušebních těles obou fází došlo k nárůstu výkvětu, který byl odebrán a podroben prvkové analýze (Obr. 44 a Obr. 45).

Prvková analýza byla provedena pomocí přístroje Spectro Xepos. Výsledky ukázaly, že krystaly jsou tvořeny převážně oxidem vápenatým CaO (85,28 %), oxidem křemičitým SiO<sub>2</sub> (9,71 %) a oxidem železitým (1,90 %).



Obr. 44: Odběr vzorků pro prvkovou analýzu (foto autorka)

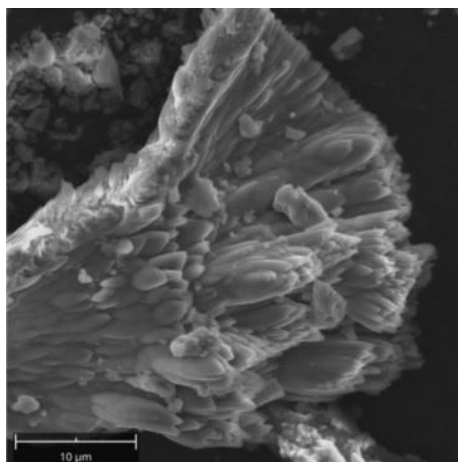
a) Výkvět v trhlině zkuš. tělesa, b) Vzorek umístěný ve zkušebním přístroji Spectro Xepos



Obr. 45: Prvková analýza výkvětu



U výkvetu bylo provedeno i snímkování pomocí elektronového mikroskopu Phenom XL Desktop SEM (Obr. 46).



Obr. 46: Fotografie krystalu Xypex pořízená elektronovým mikroskopem Phenom XL Desktop SEM (foto Reiterman P.)

### 3.3.2 Fáze 2: zkušební tělesa No. 2

Bylo vybetonováno celkem 17 krychlí s délkou hrany 150 mm a 6 válců o průměru 100 mm. Betonová směs byla připravena podle stejné receptury jako u zkušebních těles No. 1. Po odbednění byla zkušební tělesa uložena do nádrží s vodou.

28 dní po betonáži byla u tří zkušebních těles (krychlí) provedena zkouška pevnosti v tlaku (Tab. 7), u ostatních krychlí byla pomocí zkušebního stroje pro příčný tah vytvořena trhlinka. Velikost trhlin byla následně změřena pomocí přístroje Electrometer 900. Tělesa s trhlinami byla následně uložena do nádrží, kde byla udržována stabilní hladina vody (Obr. 47). Zpočátku byla hladina udržována na úrovni 20-30 mm, 18 týdnů po betonáži byla hladina vody zvýšena na 100 mm.



Obr. 47: Uložení zkušebních těles v nádržích se stabilní hladinou vody (foto autorka)

Tab. 7: Záznam ze zkoušky pevnosti v tlaku u 3 zkušebních těles série No.2

Zkuš. těleso	Hmotnost [kg]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	Obj. hm [kg/m <sup>3</sup> ]	Síla [kN]	Pevnost [MPa]
1	7744,5	149,8	148,6	150,3	2301	1185	52,8
2	7885,5	150,4	151	149,9	2330	1050	46,5
3	8043	150	155,1	150,3	2355	1040	45,7
∅	-	-	-	-	<b>2329</b>	-	<b>48,3</b>



Během několika dní po umístění zkušebních těles do nádrží se stabilní hladinou vody začal být v trhlinách patrný růst bílých krystalů (Obr. 48). Jednalo se především o zkušební tělesa, která měla trhliny o max. šířce 0,2 mm.



Obr. 48: Výkvět v trhlíně krychlí, série No.2 (foto autorka)

190 dní po betonáži byla provedena zkouška nasákavosti tlakovou vodou u zkušebních těles s trhlinami. Tlak vody byl nastaven na 0,2 MPa. U krychlí s trhlinami většími, než 0,2 mm docházelo k průtoku vody. U krychlí, které měly trhliny šířky 0,1 mm a menší, problém s průtokem nenastal. Z toho je možné usuzovat, že krystalizační přísada Xypex Admix C1000 je schopna v betonové konstrukci vyvolat zacelení trhliny do šířky 0,1 mm. Toto řešení je podle výsledků laboratorní zkoušky možné považovat za spolehlivé při tlaku vody do 0,2 MPa.

### 3.3.3 Diskuse výsledků

U krychlí vyrobených v rámci fáze 1 nedošlo k zarůstání trhlin, jen u několika málo zkušebních těles se objevil výskyt bílého výkvětu v trhlinách. Důvodem bylo nedostatečné (přerušované) ošetřování zkušebních těles (nedostatečné nesyčení pórového systému betonu vodou). U krychlí vyrobených v rámci fáze 2, kdy nebylo ošetřování přerušované, došlo k většímu výskytu bílého výkvětu a trhliny do šířky 0,1 mm odolaly tlaku vody 0,2 MPa. Z toho vyplývá důležitost okrajových podmínek při ošetřování betonové konstrukce. Zároveň experiment prokázal schopnost sekundární krystalizace vyvolané v betonu krystalizační přísadou Xypex Admix, nikoliv však v rozsahu udávaném výrobcem, který zaručuje funkčnost produktu pro trhliny do šířky 0,4 mm. [57]

Chemické složení nově zformovaných krystalů odpovídá chemickému složení C-S-H gelu, proto může být potvrzen závěr, že krystaly byly vytvořeny sekundární hydratací portlandského cementu.

K výsledkům provedených zkoušek je však třeba přistupovat s opatrností – vše bylo měřeno v laboratorních podmínkách (konstantní přísun vody, konstantní teplota apod.), v reálném prostředí stavby mohou být výsledky vlivem měnících se okrajových podmínek odlišné.





### 3.4 Stanovení okrajových podmínek pro posílení autogenního hojení vlivem krystalizačních přísad

Tato část výzkumu je těžištěm disertační práce. Experiment byl zaměřen na interakci mezi krystalizačními přísadami a textilií vyztuženým betonem (dále jen TRC – Textile Reinforced Concrete). Tento experiment přímo navázal na předchozí studii (viz kapitola 3.3), ze které vyplynula potřeba přesněji specifikovat okrajové podmínky, při kterých dochází k aktivaci přísad způsobujících sekundární krystalizaci v betonu. Experiment byl rozdělen celkem do čtyř fází (Obr. 49).

Fáze 1	■																																			
Fáze 2											■																									
Fáze 3											■		■																							
Fáze 4																							■													
měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
rok	2019												2020												2021											

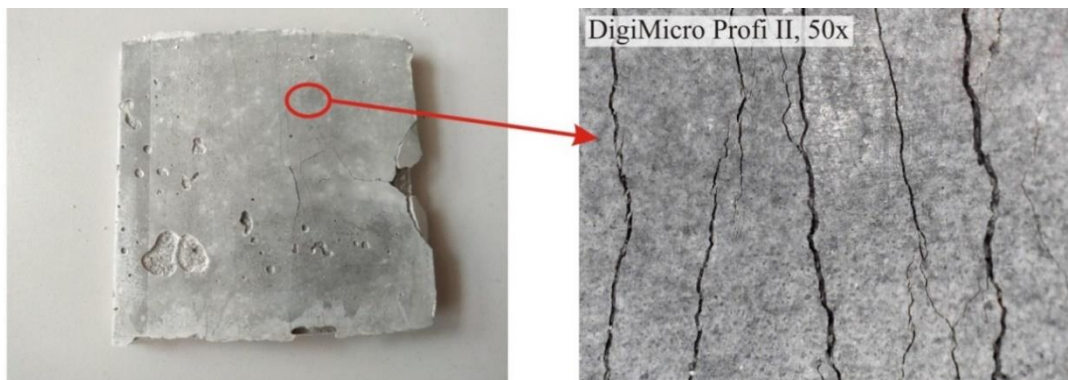
Obr. 49: Harmonogram experimentu

Experiment byl zpracován za finanční podpory grantů SGS17/117/OHK1/2T/11 a SGS19/145/OHK1/3T/11.

Pro výrobu zkušebních těles byla použita polypropylenová netkaná geotextilie a tělesa byla koncipována jako třívrstvá, přičemž krajní vrstvy byly tvořeny plně probetonovanou geotextilií a mezivrstvou s kamenivem frakce 0-0,4 (Obr. 50). Výhodou takto vyrobených zkušebních těles je jejich schopnost vytvořit velké množství mikrotrhlin na relativně malé ploše (Obr. 51). V první fázi byly rozměry zkušebních těles 100x100x10mm, v dalších fázích byl tento rozměr změněn na 50x50x10 mm



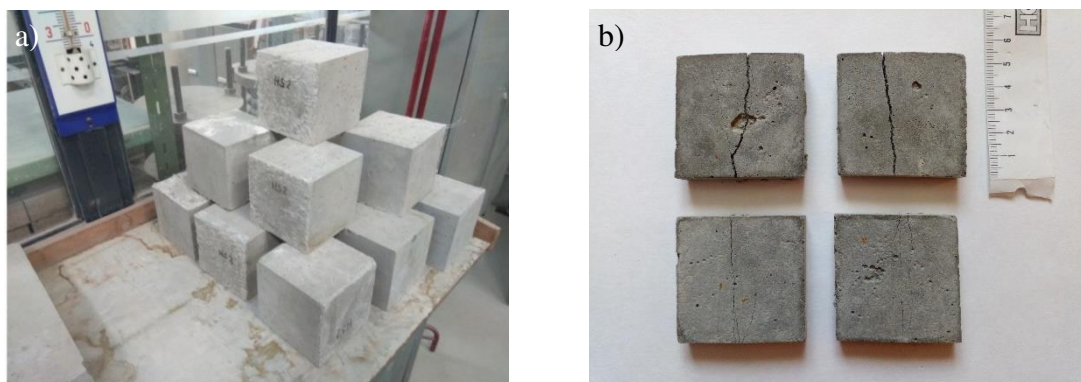
Obr. 50: Schéma řezu zkušebním tělesem



Obr. 51: Mikrotrhliny ve zkušebním tělesem (foto autorka)



Na základě zkušeností s krychlovými zkušebními tělesy a tělesy vyrobenými z TRC (Obr. 52) lze provést shrnutí pozitiv a negativ použitých materiálů (Tab. 8). Toto srovnání vychází z potřeb experimentu, kdy je vhodné sledovat co největší množství trhlin a zároveň není zapotřebí zohledňovat fyzikálně – mechanické vlastnosti použitého materiálu. Výhodou použití TRC je v případě tohoto experimentu značná úspora materiálu a minimalizace nároků na skladovací prostor. Nevýhodou je pouze vzdálení se od přesných podmínek zkoušky vodonepropustnosti podle ČSN EN 12390-8, které požadují pro zkoušku propustnosti zkušební krychle o délce hrany 150 mm. V tomto případě (analýza trhlin) ale nejde o základní zkoušku vodonepropustnosti ve smyslu výše zmíněné normy, ale o experimentální výzkum, který nemusí být na normy striktně navázaný.

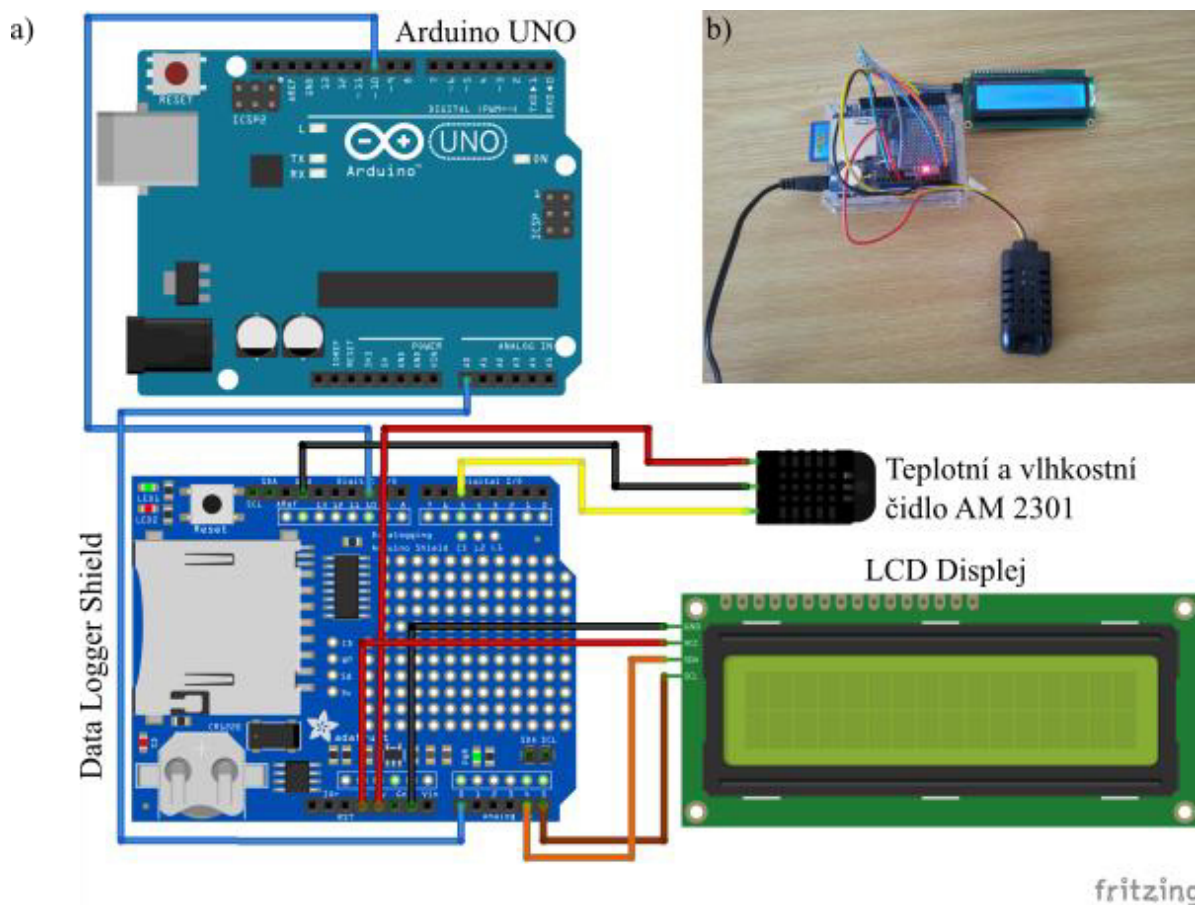


Obr. 52: Zkušební tělesa – porovnání možností (foto autorka)  
a) Krychlová zkušební tělesa, b) zkušební tělesa z TRC

Tab. 8: Srovnání pozitiv a negativ krychlových zkušebních těles a těles z TRC v souvislosti s prováděným experimentem analýzy aktivace krystalizační přísady

Krychlová tělesa	Tělesa z TRC
+ Umožňuje normový test permeability dle ČSN EN 12390-8	- Neumožňuje normový test permeability dle ČSN EN 12390-8
+ Snadné testování permeability	- Obtížně testovatelná permeabilita
- Jedna trhlina v jednom tělese	+ Mnoho trhlin v jednom tělese
- Problém s tvorbou trhlin	+ Snadný způsob vytvoření trhlin
- Relativně velké trhliny (0,1 - 0,6 mm)	+ Malé trhliny (0,05 - 0,15 mm)
- Obtížnější manipulace s tělesy	+ Snadná manipulace se zkušebními tělesy
- Větší spotřeba materiálu	+ Menší spotřeba materiálu
- Nutnost většího skladovacího prostoru	+ Menší požadavky na skladovací prostor

V průběhu celého experimentu byla zjišťována teplota a relativní vlhkost okolního prostředí pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO (Obr. 53). Fyzikální veličiny byly zjišťovány pomocí čidla AM2301 a v hodinových časových intervalech byly zaznamenávány na paměťovou SD kartu. Následně pak byla data zpracována do grafické podoby.



Obr. 53: Měřicí přístroj založený na platformě Arduino UNO  
 a) Schéma měřícího přístroje, b) Fotografie přístroje (foto autorka)

V průběhu experimentu bylo prováděno kontrolní snímkování zkušebních těles pomocí digitálního fotoaparátu Canon PowerShot a digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II (Obr. 54). Pomocí mikroskopu byly monitorovány vždy stejné oblasti zkušebních těles v celém průběhu dané fáze experimentu. Tento postup byl zvolen proto, aby bylo následně možné provést analýzu vývoje zarůstání trhlin krystaly.



Obr. 54: Měření pomocí DigiMicro Profi II (foto autorka)





Pro kvantifikaci růstu krystalů, byl použit program Fáze vyvinutý Ing. Kateřinou Forstovou pod vedením doc. Němečka na ČVUT, který je zaměřen na analýzu obrazu. Hlavní výhodou programu je schopnost rozpoznání pórů a trhlin ve struktuře betonu. Aby bylo možno navzájem porovnat jednotlivé sledované oblasti, bylo prvotní měření bráno jako referenční a plocha trhlin byla označena 100 % - tj. ještě nedošlo k růstu krystalů.

Získané údaje byly přepočteny na procentuální vývoj vzhledem k počátečnímu stavu (4), který byl měřen ihned po ukončení ošetřování a vytvoření trhlin (Obr. 55).

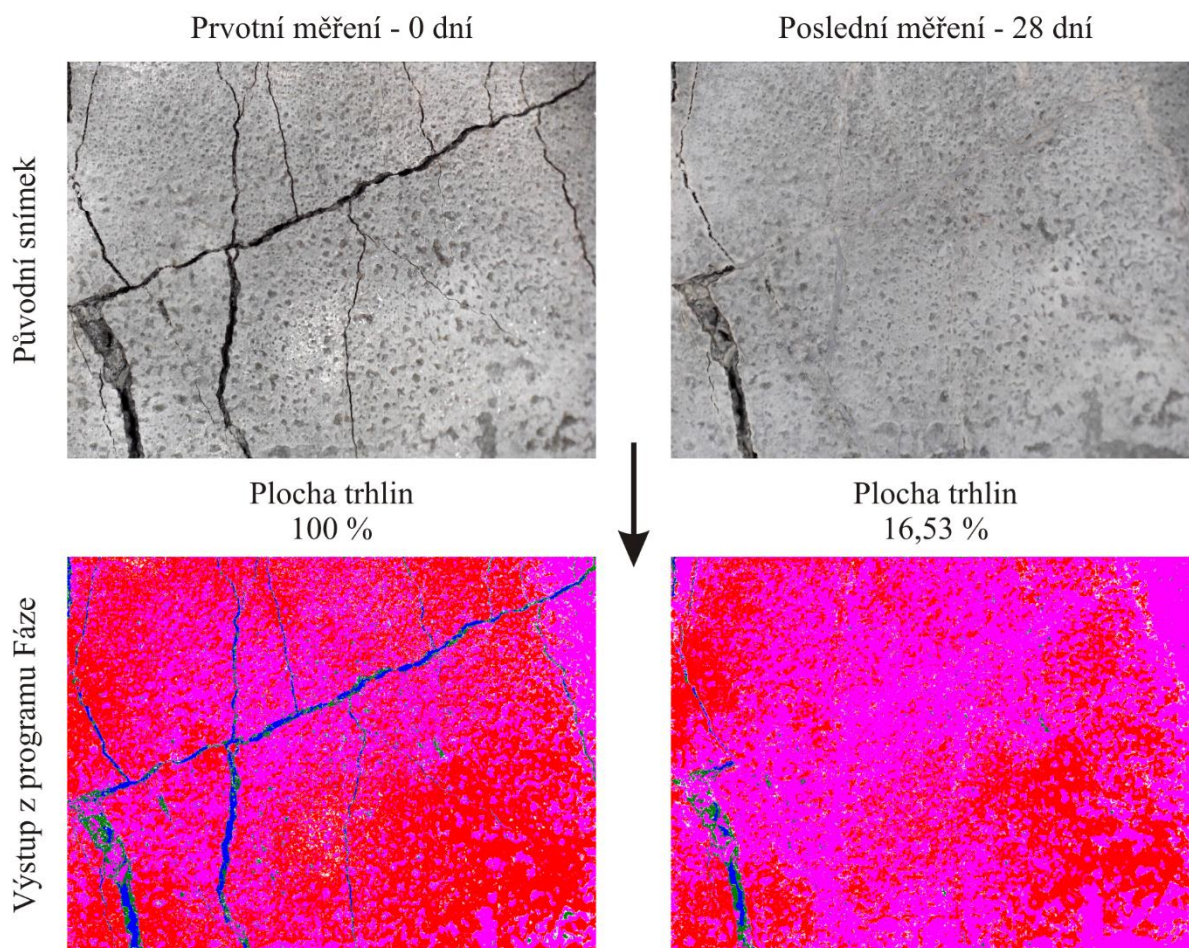
$$A = \frac{A_{\text{prvotní}}}{A_i} \cdot 100 \quad (4)$$

kde

A plocha trhlin [%]

$A_{\text{prvotní}}$  počáteční hodnota plochy trhlin po ukončení ošetřování [-]

$A_i$  hodnota plochy trhlin v průběhu měření [-]

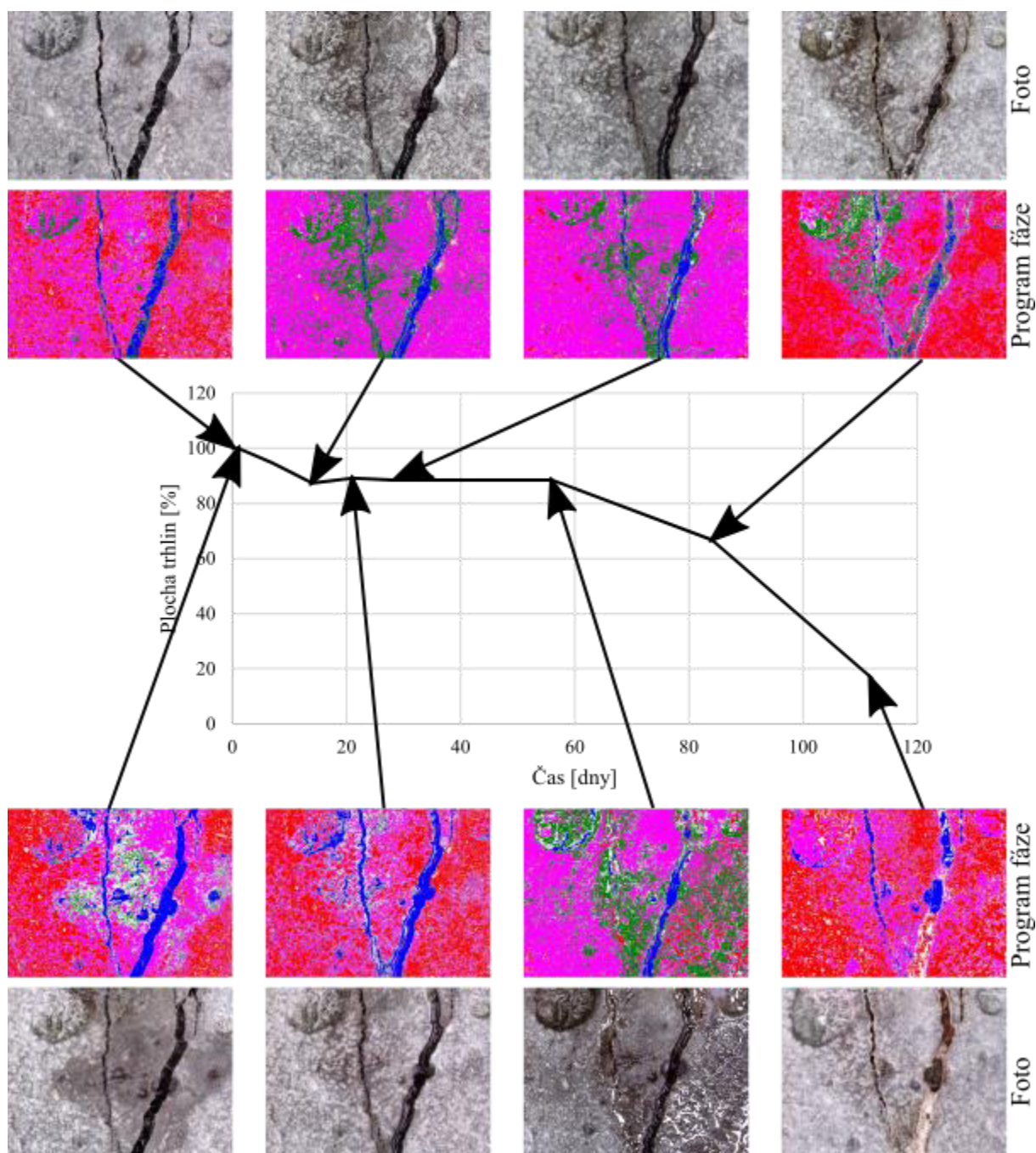


Obr. 55: Porovnání výstupu z programu Fáze pro dvě fotografie stejného místa zkušebního tělesa na začátku a na konci experimentu





Kvantifikovaná data byla následně pro lepší názornost vynesena do grafu (Obr. 56) a byla provedena jejich analýza, jejíž výsledky jsou podrobně popsány v následujících kapitolách. U kvantifikovaných výsledků došlo k drobným odchylkám, které byly způsobeny různou zůstatkovou vlhkostí zkušebních těles a různými světelnými podmínkami v době pořizování snímků. Z tohoto důvodu u některých zkušebních těles došlo k zdánlivému zvýšení plochy trhlin oproti stavu zjištěnému při předchozím měření. Nicméně dlouhodobý trend vývoje zarůstání trhlin krystaly je jasně patrný.



Obr. 56: Vývoj plochy trhliny zkušebního tělesa XII01



### 3.4.1 Fáze 1: Analýza autogenního hojení betonu v závislosti na vlhkosti a teplotě okolního prostředí

První fáze byla zaměřena na vliv teploty a vlhkosti okolního prostředí na funkčnost krystalizační přísady.

Zkušební tělesa pro fázi 1 měla rozměr 100x100x10 mm. Bylo vyrobeno celkem 9 zkušebních těles s krystalizační přísadou Xypex Admix C1000 a stejný počet referenčních zkušebních těles. Na výrobu bylo použito kamenivo frakce 0 – 0,4 mm, cement CEM II, polypropylenová netkaná textilie a plastifikátor. Z důvodu schopnosti poměrně velkého přetvoření materiálu a vzhledem k tomu, že experiment nebyl zaměřen na mechanické vlastnosti materiálu nebyly na zkušebních tělesech provedeny zatěžovací zkoušky. Zkušební tělesa byla ošetřována podobu dvou týdnů, během nichž byla přikrytá fólií, aby nedocházelo k odpařování vlhkosti do okolního prostředí (Obr. 57). Po dobu ošetřování byl prováděn monitoring teploty a vlhkosti vzduchu okolního prostředí pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO.



Obr. 57: Ošetřování zkušebních těles ve formě (foto autorka)

Po ukončení ošetřování byly v tělesech vytvořeny trhliny pomocí plastické deformace těles ohybovým momentem. Maximální rozměr trhlin v tělesech se pohyboval okolo 0,1 mm. Měření rozměrů trhlin bylo provedeno pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II. Vzhledem k rozměrům zkušebních těles bylo monitorování vývoje trhlin prováděno na několika vybraných místech u každého tělesa. Po počátečním nasnímkování a změření šířek trhlin byla zkušební tělesa umístěna do prostředí s různými okrajovými podmínkami (Tab. 9).

Tab. 9: Okrajové podmínky experimentu

Okraj. podmínky – č. kombinace	T [°C]	Relativní vlhkost [%]
1	30	45 – 80
2	30	100
3	30	Přímý kontakt s vodou
4	24	20 – 45
5	24	100
6	24	Přímý kontakt s vodou
7	5	40 – 65
8	5	100
9	5	Přímý kontakt s vodou



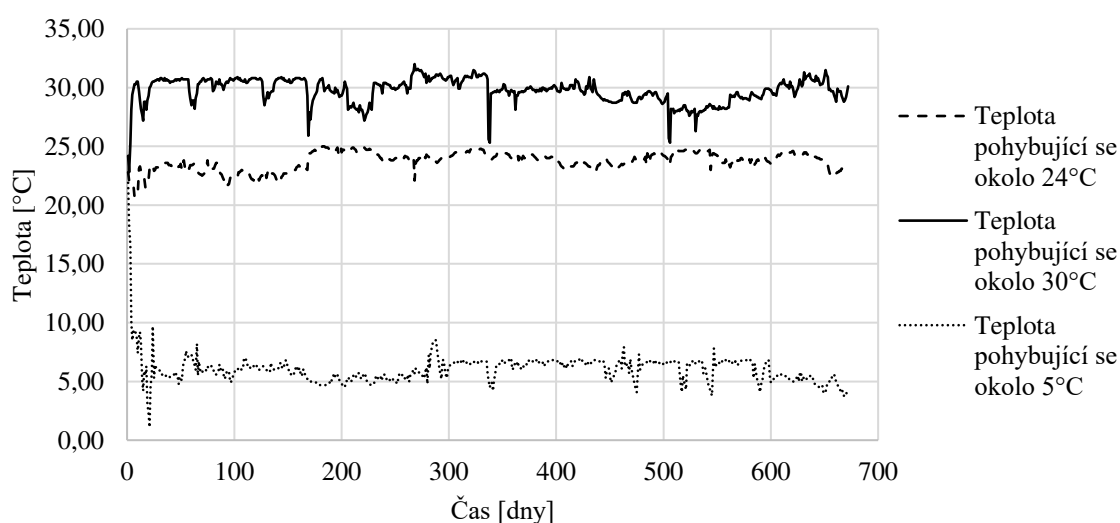
Vývoj trhlin byl monitorován následující 4 týdny, přičemž každých 7 dní bylo provedeno kontrolní snímkování pomocí mikroskopu DigiMicro Profi II. U pořízených fotografií bylo provedeno senzorké vyhodnocení vývoje trhlin (Tab. 10).

Po celou dobu experimentu byla měřena teplota a vlhkost prostředí (Obr. 58 – Obr. 61), ve kterém byla zkušební tělesa umístěna, pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO. U těles umístěných v přímém kontaktu s vodou byl umožněn odpar do okolního prostředí s běžnou interiérovou relativní vlhkostí vzduchu (cca 40 %). Tj. vlhkost v tomto prostředí nebyla žádným způsobem upravována. U vývoje 100% relativní vlhkosti vzduchu lze pozorovat snížení hodnot vlhkosti v pravidelných intervalech (Obr. 59 – Obr. 61). Toto snížení bylo způsobeno pravidelným monitorováním zkušebních těles, přičemž tato tělesa byla pro účely pořízení fotodokumentace vyjmuta na krátkou chvíli ze svého prostředí.

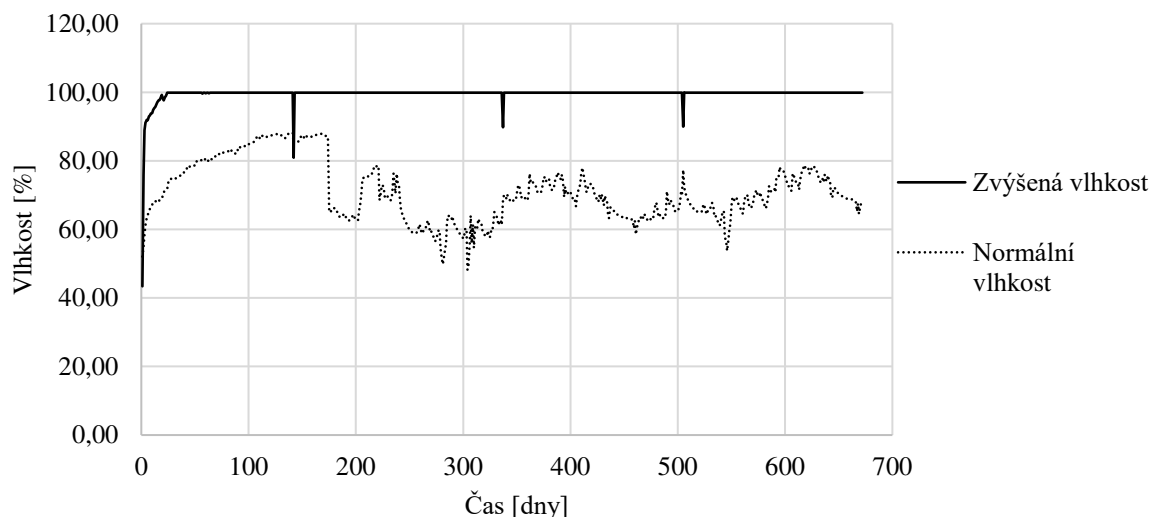
Fotodokumentace vývoje trhlin byla pořízena pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II. V této kapitole je z důvodu přehlednosti uveden pouze výňatek všech získaných dat (Tab. 11 – Tab. 13). Podrobnější dokumentace je uvedena v Příloze A: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 1.

Tab. 10: Vývoj trhlin v závislosti na teplotě a vlhkost po 28 dnech

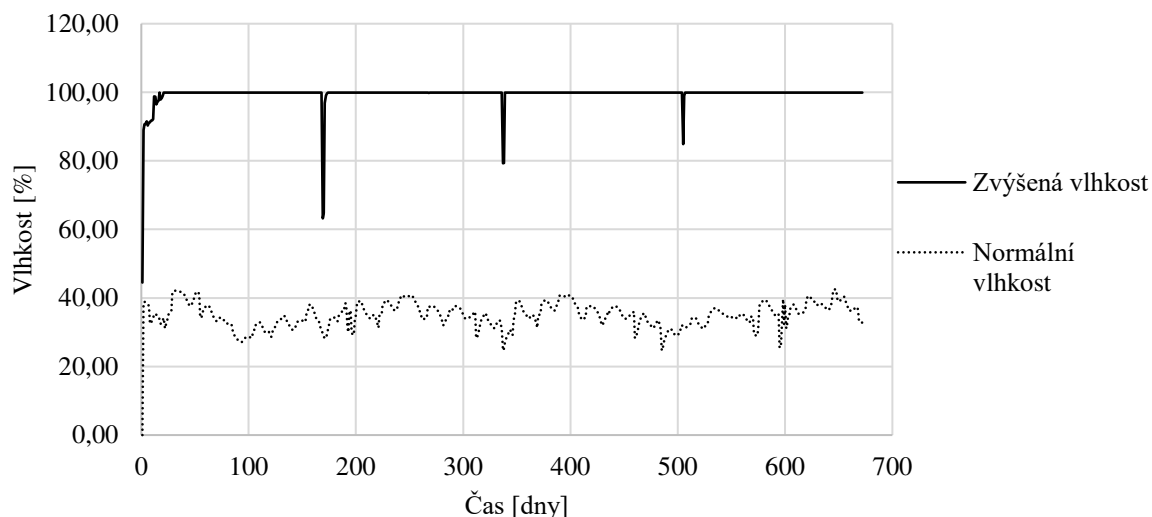
Teplota	Normální vlhkost		Zvýšená 100% vlkost		Na styku s vodou	
	S Xypexem	Referenční	S Xypexem	Referenční	S Xypexem	Referenční
30°C	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Zarůstání trhlin	Zarůstání trhlin
24°C	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Zarůstání trhlin	Nevýrazné zarůstání trhlin
5°C	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Beze změny	Zarůstání trhlin	Nevýrazné zarůstání trhlin



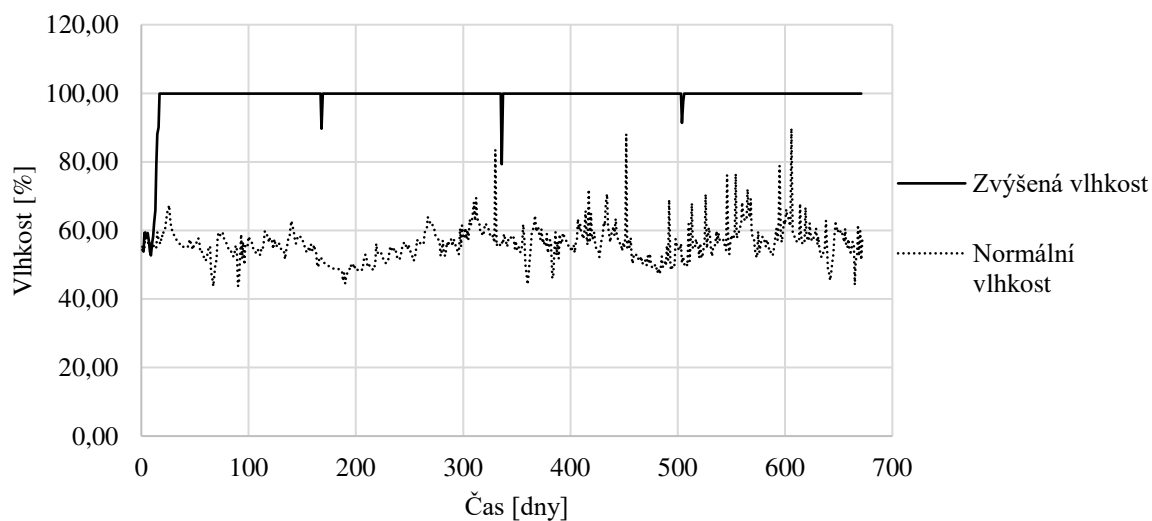
Obr. 58: Vývoj teplot v různých prostředích



Obr. 59: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 30°C



Obr. 60: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 24°C



Obr. 61: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 5°C





Tab. 11: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou 30°C

		Časový vývoj trhlin ve zkušebních tělesech		
		0 dní	14 dní	28 dní
Prostředí s normální vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Prostředí se 100% vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Tělesa na styku s vodou	S Xypexem			
	Referenční těleso			





Tab. 12: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou 24°C

		Časový vývoj trhlin ve zkušebních tělesech		
		0 dní	14 dní	28 dní
Prostředí s normální vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Prostředí se 100% vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Tělesa na styku s vodou	S Xypexem			
	Referenční těleso			





Tab. 13: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou 5°C

		Časový vývoj trhlin ve zkušebních tělesech		
		0 dní	14 dní	28 dní
Prostředí s normální vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Prostředí se 100% vlhkostí	S Xypexem			
	Referenční těleso			
Tělesa na styku s vodou	S Xypexem			
	Referenční těleso			



První měření plochy trhlin pomocí programu Fáze bylo provedeno ještě před umístěním zkušebních těles do jednotlivých experimentálních prostředí a poté dále vždy při každé kontrole zkušebních těles, tj. po 7, 14, 21 a 28 dnech po zahájení experimentu. Pro každé zkušební těleso pak byly hodnoty zprůměrovány a navzájem porovnány mezi sebou (Tab. 14).

Zprůměrované hodnoty každého zkušebního tělesa byly následně vyneseny do grafu pro názornější vzájemné porovnání (Obr. 62 a Obr. 63). Naměřená data vykazují drobný rozptyl hodnot, který je způsobený kvalitou fotografií použitých k analýze programem Fáze – drobné odchylky v řádu jednotek procent jsou způsobeny různou vlhkostí zkušebních těles v průběhu měření a změnami v nasvícení zkušebních těles, které bylo ovlivněno okolními světelnými podmínkami při pořizování fotografií. Nicméně naměřené hodnoty potvrzují vizuální vyhodnocení zkušebních těles.

U těles, která nebyla na přímém kontaktu s vodou nedošlo k žádným, nebo jen nepatrným změnám, a to jak u těles s přísadou Xypex, tak i u referenčních těles. U těles, která byla umístěna v kontaktu s vodou lze pozorovat zarůstání trhlin krystaly. U těles s přísadou Xypex lze pozorovat úbytek až na cca 33 % původní plochy trhlin, u referenčních těles byl tento úbytek nejvýše na cca 53 %. Z měření také vyplynulo, že teplota nebyla pro vývoj krystalů téměř vůbec důležitá, nejdůležitějším parametrem pro hojení trhlin byl částečný styk s vodou tak, že bylo umožněno vzlínání vody skrz zkušební těleso a následný odpar do okolního prostředí (Tab. 14 a Tab. 15).

Tab. 14: Procentuální vývoj plochy trhlin

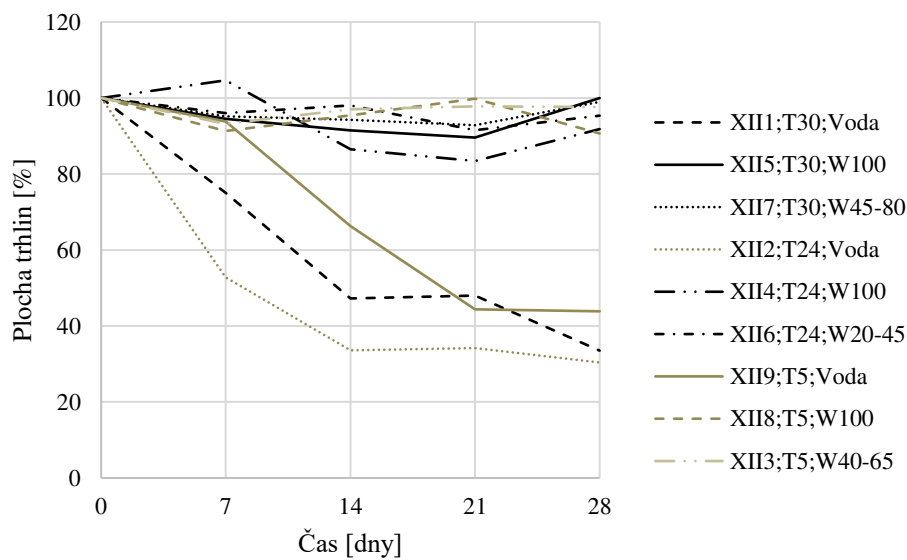
Typ	Označení tělesa	Prostředí		Průměrný vývoj trhlin v čase [%]				
		Teplota [°C]	Vlhkost	Počátek měření	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní
S přísadou Xypex	XII1	30	voda	100,00	75,01	47,20	47,99	33,52
	XII2	24	voda	100,00	52,80	33,63	34,17	30,39
	XII3	5	40 - 65 %	100,00	93,21	96,99	97,82	97,62
	XII4	24	100	100,00	104,65	86,49	83,41	91,79
	XII5	30	100	100,00	94,54	91,47	89,58	99,94
	XII6	24	20 - 45 %	100,00	96,04	98,03	91,52	95,38
	XII7	30	45 - 80 %	100,00	95,17	94,24	92,83	98,99
	XII8	5	100%	100,00	91,30	95,41	99,81	90,65
	XII9	5	voda	100,00	93,80	66,30	44,35	43,86
Referenční	CII1	5	voda	100,00	88,43	70,77	69,72	51,83
	CII2	30	voda	100,00	91,71	56,85	59,80	54,51
	CII3	24	100%	100,00	98,00	95,27	92,85	91,78
	CII4	30	45 - 80 %	100,00	99,62	100,27	96,41	97,11
	CII5	24	voda	100,00	88,01	86,61	81,89	83,86
	CII6	30	100%	100,00	96,43	92,61	96,74	97,72
	CII7	5	100%	100,00	99,58	96,11	97,23	98,05
	CII8	24	20 - 45 %	100,00	98,31	93,21	91,40	82,70
	CII9	5	40 - 65 %	100,00	98,29	98,16	93,60	92,62



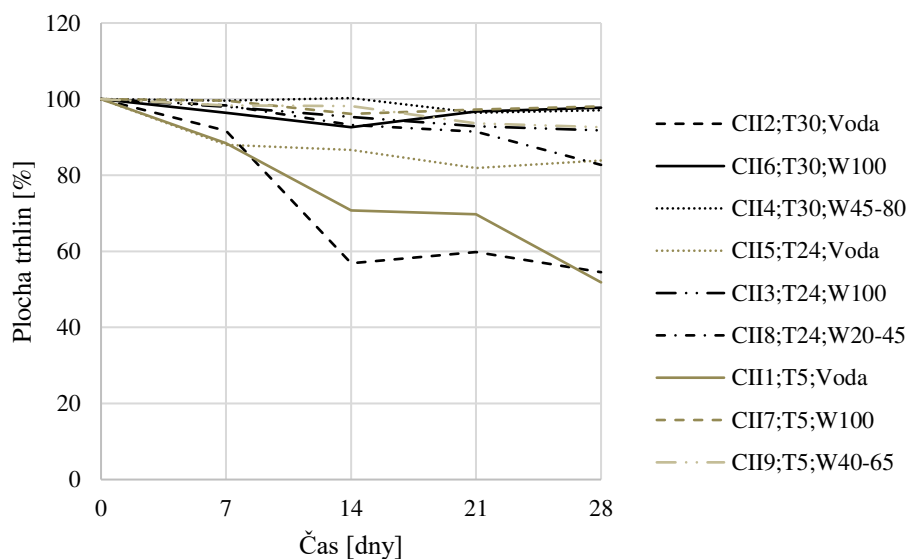


Tab. 15: Procentuální vývoj plochy trhlin po ukončení experimentu

Teplota	Procentuální plocha trhlin po 28 dnech od začátku sledování [%]					
	Normální vlhkost		Zvýšená 100% vlhkost		Na styku s vodou	
	S Xypexem	Referenční	S Xypexem	Referenční	S Xypexem	Referenční
30°C	100,37	97,11	99,94	89,77	33,52	53,68
24°C	95,38	82,70	91,79	91,78	34,34	83,86
5°C	97,62	92,62	90,65	98,05	60,59	76,49



Obr. 62: Vývoj plochy trhlin u těles s přísadou Xypex



Obr. 63: Vývoj plochy trhlin u referenčních těles

Naměřená data ukazují, že hojení u zkušebních těles s krystalizační přísadou je přibližně 1,3x účinnější než u referenčních zkušebních těles.

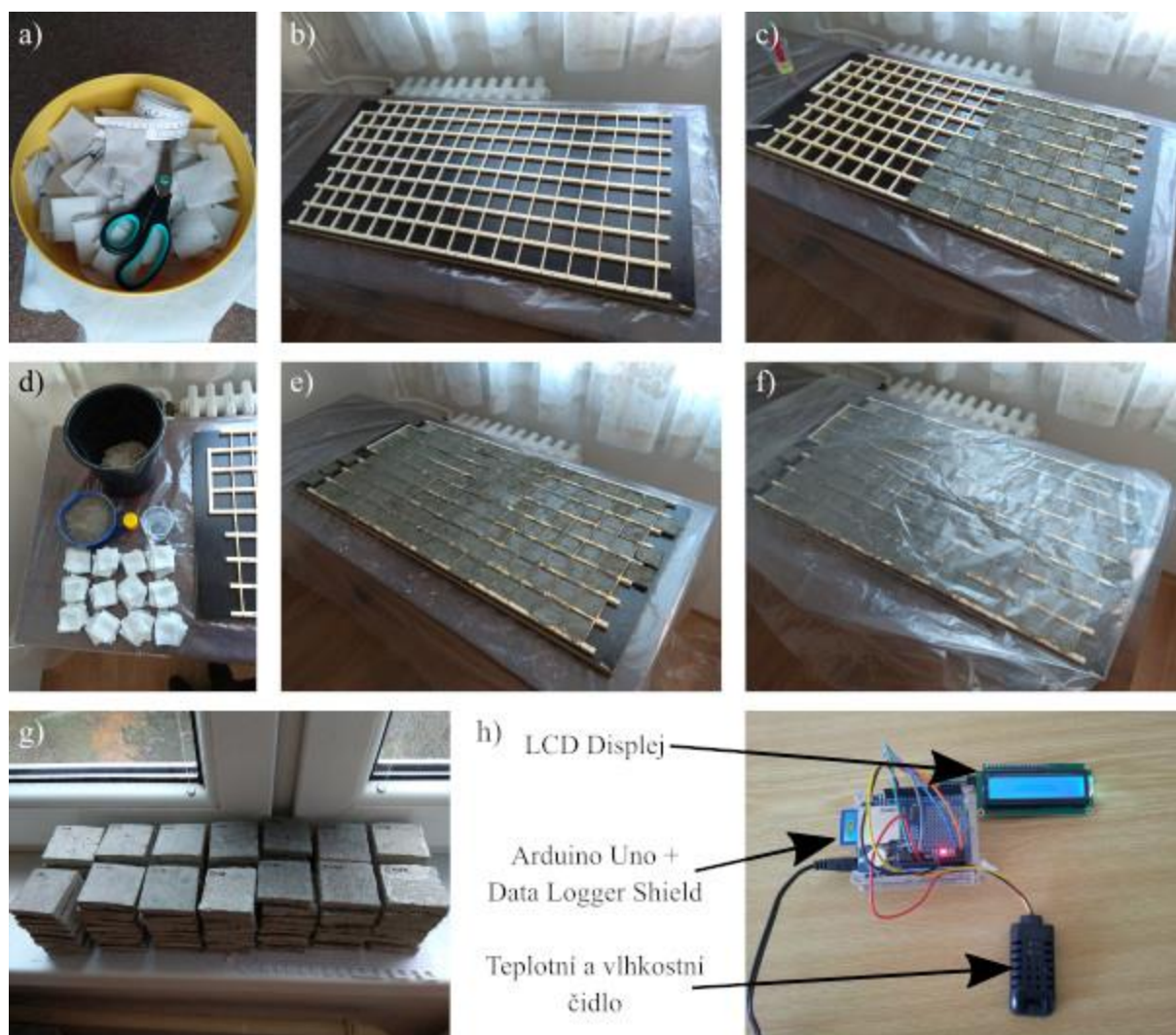


### 3.4.2 Fáze 2: Analýza autogenního hojení betonu v závislosti na času vystavení vodě

Na základě zkušeností s velikostí zkušebních těles vyrobených v rámci fáze 1 byl upraven rozměr zkušebních těles ve fázi 2 na velikost 50x50x10 mm. Bylo vyrobeno celkem 64 zkušebních těles s krystalizační přísadou Xypex Admix C1000 a stejný počet referenčních zkušebních těles. Na výrobu bylo použito kamenivo frakce 0 – 0,4, cement CEM II, polypropylenová netkaná textilie a plastifikátor.

Zkušební tělesa byla ošetřována podobu dvou týdnů, během nichž byla přikrytá fólií, aby nedocházelo k odpařování vlhkosti do okolního prostředí (Obr. 64). Po dobu ošetřování byl prováděn monitoring teploty a vlhkosti vzduchu okolního prostředí pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO.

Cílem fáze 2 bylo zjištění, jaký vliv na aktivaci krystalizačních přísad v betonu má čas expozice vodou od ukončení ošetřování.



Obr. 64: Výroba a ošetřování zkušebních těles (foto autorka)













a) příprava výztuže, b) forma, c) vybetonovaná tělesa s Xypexem, d) příprava složek zkušebních těles, e) vybetonovaná referenční tělesa, f) ošetřování, g) zkušební tělesa, h) přístroj Arduino UNO pro měření teploty a vzdušené vlhkosti okolního prostředí



Po ukončení ošetřování byly v tělesech vytvořeny trhliny pomocí plastické deformace těles ohybovým momentem. Maximální rozměr trhlin v tělesech se pohyboval okolo 0,1 mm. Měření rozměrů trhlin bylo provedeno pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II. Následně bylo provedeno počáteční snímkování a tělesa byla umístěna do různých prostředí na základě předem stanoveného schématu experimentu. Číslování zkušebních těles s přísadou Xypex a referenčních zkušebních těles bylo stanoveno vždy stejně v závislosti na konkrétním prostředí, čehož je pro zjednodušení využito v následujícím harmonogramu (Obr. 66).

U každého tělesa byla při každém kontrolním snímkování pořízena dvojice fotografií – jedna fotografie zachycující celé zkušební těleso a jedna fotografie pořízená pomocí mikroskopu DigiMicro Profi II v 50násobném zvětšení (Tab. 16). U každého tělesa byla pomocí mikroskopu snímána vždy stejná oblast po celou dobu trvání experimentu. Vzhledem k velkému množství získaných snímků je zde uvedena pouze ukázka, kompletní přehled všech snímků je uveden v příloze B: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 2.

Tab. 16: Ukázka pořízených snímků zkušebních těles

		Po ukončení ošetřování	28 dní	4 měsíce
S přísadou Xypex	Celkový pohled			
	Mikroskop			
Referenční těleso	Celkový pohled			
	Mikroskop			

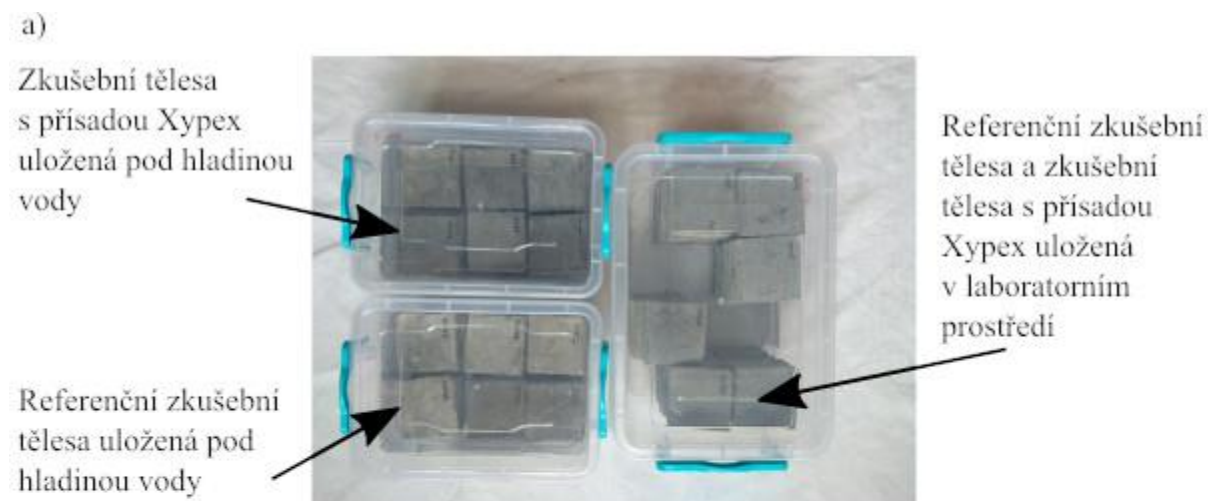




## Schéma experimentu

Zkušební tělesa byla nejprve 14 dní ošetřována ve stejných podmínkách. Následně byla zkušební tělesa rozdělena do sad po 4 zkušebních tělesech. První dvě sady (zkušební tělesa 1 – 8) byla umístěna ihned do prostředí nádrží, kde byla po celou dobu experimentu udržována hladina vody tak, aby horní povrch těles byl na kontaktu se vzduchem (Obr. 65). Zbylé sady zkušebních těles byl rozděleny na poloviny, přičemž první polovina byla zcela ponořena pod hladinou vody a druhá polovina byla uchovávána v běžných laboratorních podmínkách bez kontaktu s kapalnou vodou. Následně byly přidávány do odpařovacích nádrží vždy dvě sady zkušebních těles – jedna z nádrže s vodou a druhá umístěná v běžných podmínkách bez kontaktu s vodou. Tělesa byla do odpařovacích nádrží přidána po 7 dnech od zahájení experimentu, po 14 dnech, 21 dnech, 28 dnech, 2 měsících, 3 měsících a 1 roce.

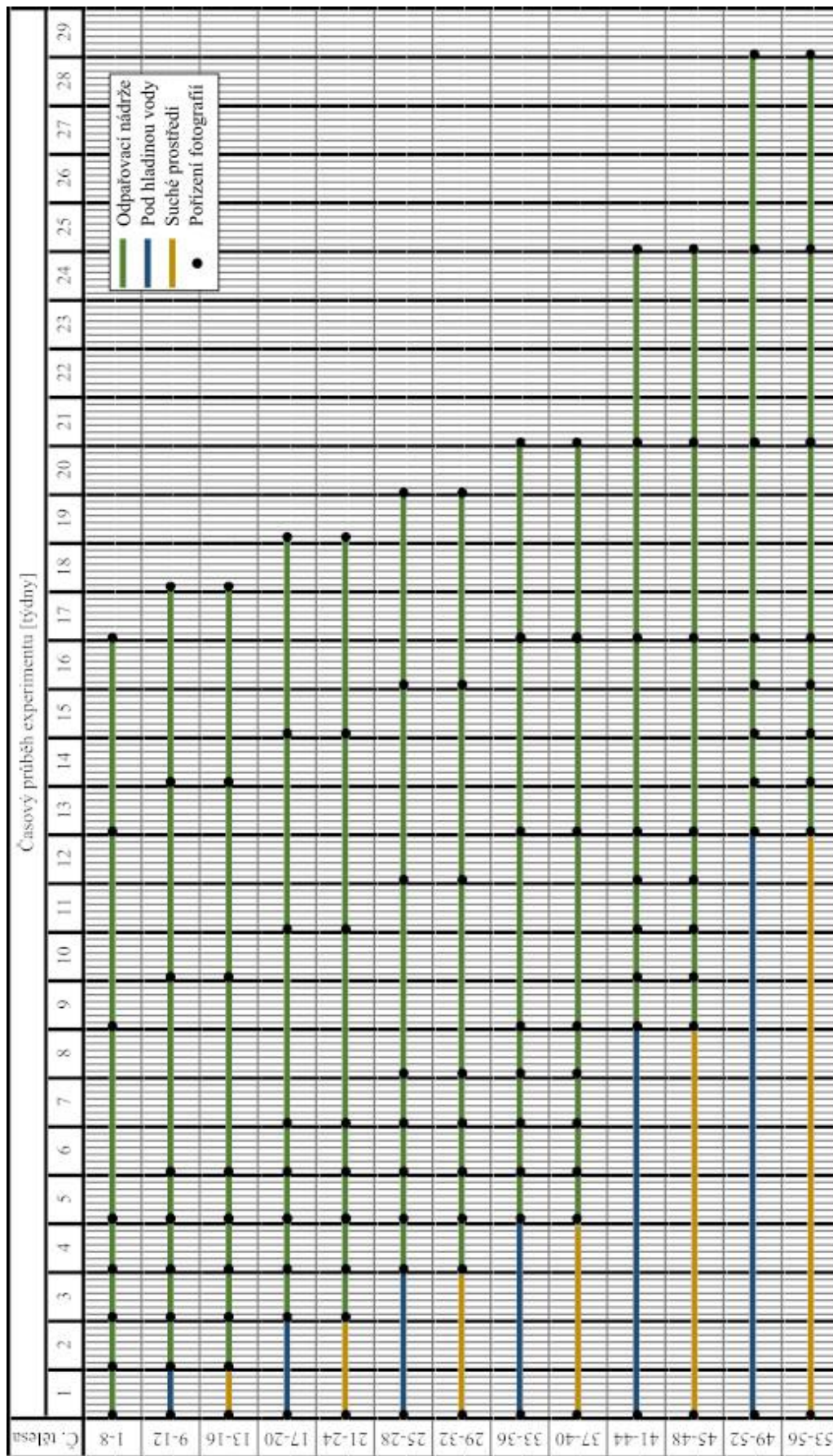
Tělesa umístěná do odpařovacích nádrží v rozmezí 0 – 3 měsíce jsou uvažována jako první část druhé fáze experimentu a v harmonogramu (Obr. 66) jsou uvedena samostatně. Tělesa umístěná do odpařovacích nádrží po 1 roce od ukončení ošetřování jsou uvažována jako druhá část druhé fáze experimentu.



Obr. 65: Prostředí umístění zkušebních těles (foto autorka)

a) uskladnění zkušebních těles v různých prostředích před uložením do odpařovacích nádrží,

b) odpařovací nádrže první týden, c) odpařovací nádrže třetí týden

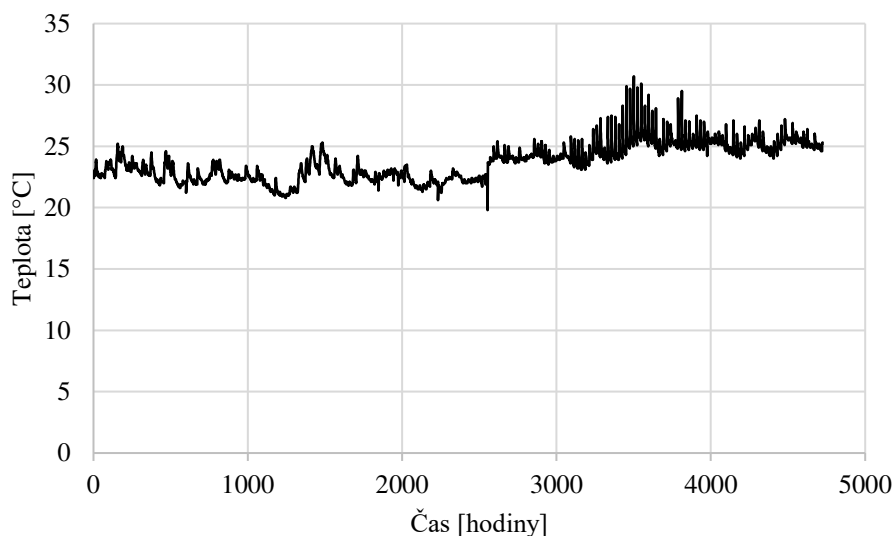


Obr. 66: Harmonogram první části fáze 2

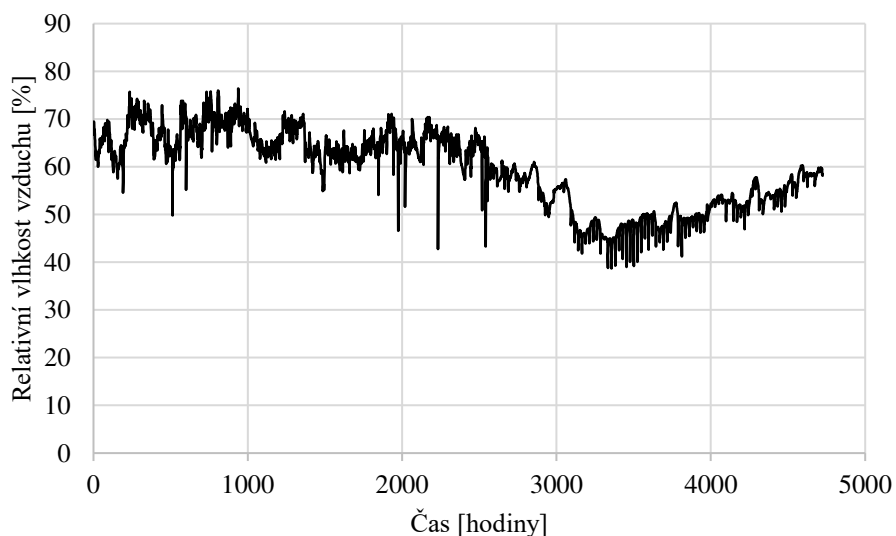


## 1. část

Vývoj trhlin byl monitorován každých 7 dní, kdy bylo provedeno kontrolní snímkování pomocí mikroskopu DigiMicro Profi II a pomocí fotoaparátu Canon Power Shot. Po celou dobu experimentu byla měřena teplota (Obr. 67) a vlhkost prostředí (Obr. 68) ve kterém byla zkušební tělesa umístěna, pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO.



Obr. 67: Teplota okolního prostředí v průběhu experimentu



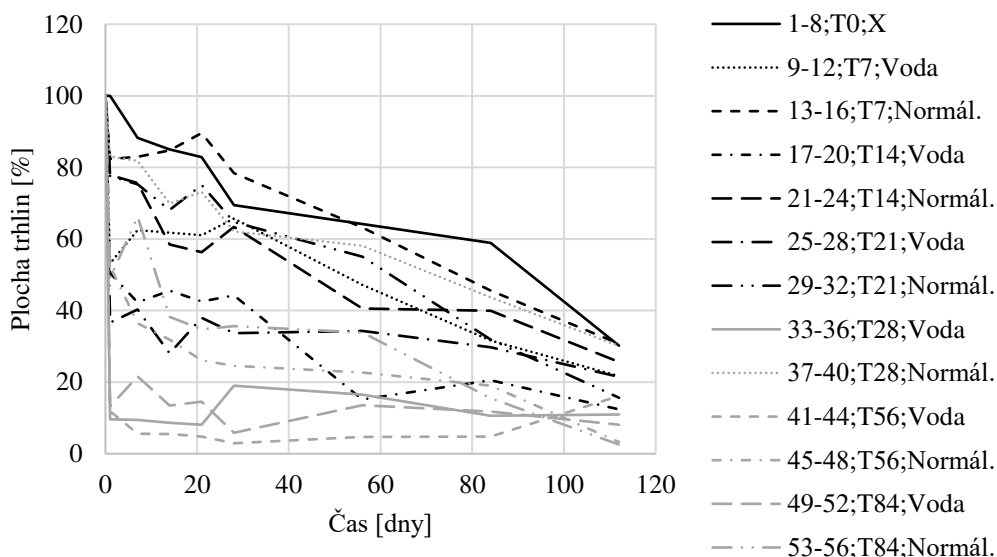
Obr. 68: Vlhkost okolního prostředí v průběhu experimentu

### Vyhodnocení dat získaných pomocí softwaru Fáze – první část

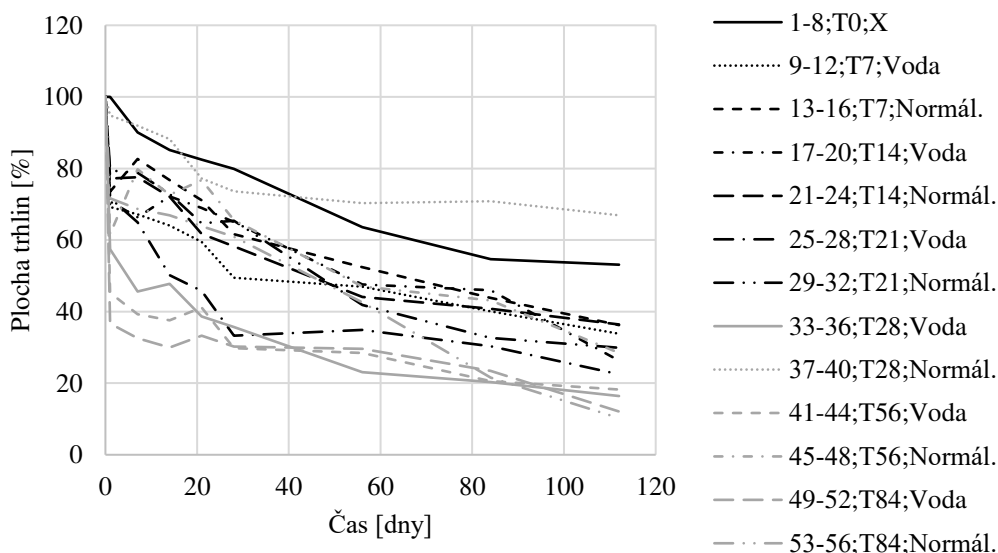
Naměřené hodnoty byly pro zkušební tělesa ze stejné skupiny (v závislosti na způsobu uložení a času vystavení zkušebních těles prostředí v odpařovacích nádržích) zprůměrovány a byly vyneseny do souhrnných grafů (Obr. 69 a Obr. 70). Podrobné výsledky naměřených dat jsou uvedeny v příloze C: Číselný a grafický výstup z programu Fáze – fáze 2. Skupiny jsou



uvažovány v závislosti na uložení zkušebních těles před uložení do odpařovacích nádrží, tj. byly zprůměrovány hodnoty pro tělesa s označením 1 – 8 (uložená do odpařovacích nádrží po ukončení ošetřování), 9 – 12 (týden pod hladinou vody), 13 – 16 (týden v suchém prostředí), 17 – 20 (14 dní pod hladinou vody), 21 – 24 (14 dní v suchém prostředí), 25 – 28 (21 dní pod hladinou vody), 29 – 32 (21 dní v suchém prostředí), 33 – 36 (28 dní pod hladinou vody), 37 – 40 (28 dní v suchém prostředí), 41 – 44 (2 měsíce pod hladinou vody), 45 – 48 (2 měsíce v suchém prostředí), 49 – 52 (3 týdny pod hladinou vody), 53 – 56 (3 týdny v suchém prostředí).



Obr. 69: Vývoj trhlin zkušebních těles s přísadou Xypex



Obr. 70: Vývoj trhlin v referenčních zkušebních tělesech

Z naměřených dat vyplývá, že u zkušebních těles s přísadou Xypex i u referenčních těles dochází k zarůstání trhlin. U zkušebních těles s přísadou Xypex bylo průměrné hojení trhlin cca 2x účinnější než u referenčních zkušebních těles (Tab. 17).





U zkušebních těles, která byla před umístěním do odpařovacích nádrží uložena pod vodou došlo již v tomto prostředí k zarůstání trhlin, které nadále pokračovalo i po umístění do odpařovacích nádrží (Tab. 17, Tab. 18 a Tab. 19). U těles umístěných do odpařovacích nádrží z vodního prostředí v prvotních fázích je zarůstání trhlin rychlejší než u těles umístěných v pozdějších fázích.

U zkušebních těles, která byla před vložením do odpařovacích nádrží umístěná v standardním prostředí probíhalo zarůstání trhlin v obdobném trendu jako u těles 1 – 8, která byla do odpařovacích nádrží umístěna ihned po ukončení ošetřování.

Tab. 17: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech v průběhu první části experimentu

		Vývoj velikosti trhlin ve zkušebních tělesech [%]								
Typ		Počátek	Umístění	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní	56 dní	84 dní	112 dní
Zkušební tělesa s přísadou Xypex	1-8	100,00	100,00	88,22	84,99	82,84	69,42	64,20	58,89	30,19
	9-12	100,00	53,16	62,48	61,74	61,09	65,73	47,22	31,61	21,69
	13-16	100,00	82,33	82,97	84,80	89,61	78,40	63,20	45,62	30,72
	17-20	100,00	50,49	42,30	45,60	42,51	44,27	15,15	20,53	12,39
	21-24	100,00	77,84	75,59	58,43	56,33	63,41	40,59	39,97	25,63
	25-28	100,00	36,61	40,28	28,00	37,94	33,65	34,27	29,75	21,48
	29-30	100,00	77,62	75,32	68,11	75,13	64,69	55,09	31,86	15,64
	33-36	100,00	9,57	9,41	8,60	8,09	18,99	16,51	10,57	10,93
	37-40	100,00	83,01	81,79	69,88	73,15	62,15	58,11	43,72	30,09
	41-44	100,00	11,88	5,62	5,46	4,76	2,92	4,66	4,76	16,17
	45-48	100,00	52,39	36,43	31,90	26,12	24,58	22,65	19,05	3,26
	49-52	100,00	13,17	21,60	13,48	14,51	5,85	13,56	11,75	8,08
	53-56	100,00	49,06	66,27	38,27	34,77	35,67	33,82	15,55	2,54
	Referenční zkušební tělesa	1-8	100,00	100,00	90,03	85,14	82,47	79,91	63,60	54,68
9-12		100,00	69,22	67,18	64,08	59,47	49,42	46,99	40,06	33,82
13-16		100,00	73,57	82,69	76,72	71,08	61,63	52,40	43,83	36,23
17-20		100,00	70,71	66,37	72,22	68,93	65,04	47,58	45,95	26,29
21-24		100,00	77,15	77,52	72,12	61,71	58,25	44,09	40,75	36,40
25-28		100,00	71,72	64,96	50,18	45,81	33,30	34,85	30,34	22,48
29-30		100,00	79,43	78,82	72,91	64,67	65,36	41,85	32,67	29,89
33-36		100,00	57,38	45,61	47,74	38,63	35,70	23,05	20,33	16,41
37-40		100,00	94,77	91,98	88,21	77,21	73,58	70,28	70,88	66,90
41-44		100,00	45,24	39,25	37,57	41,11	29,82	28,46	20,55	18,22
45-48		100,00	61,65	79,74	72,62	76,78	65,60	47,07	43,12	28,46
49-52		100,00	36,69	32,53	29,94	33,30	30,24	29,63	23,4	12,08
53-56		100,00	71,63	68,73	66,90	63,85	60,91	42,56	21,56	10,24






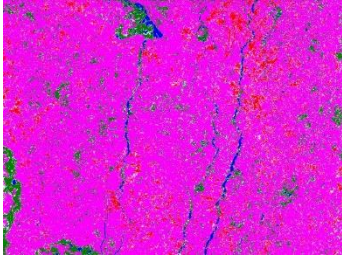
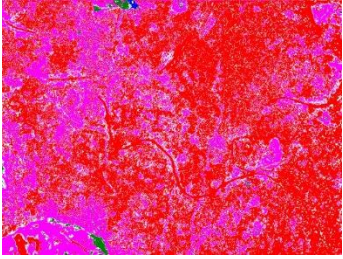
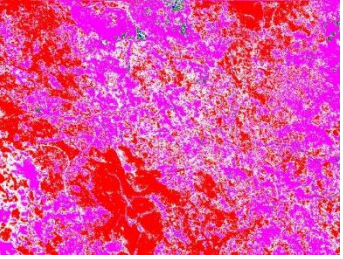


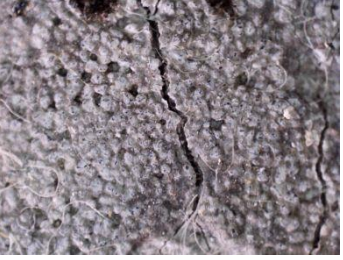
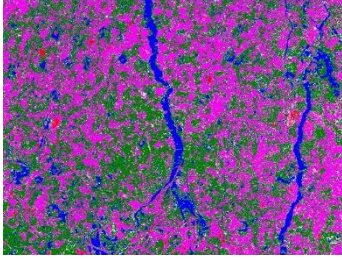
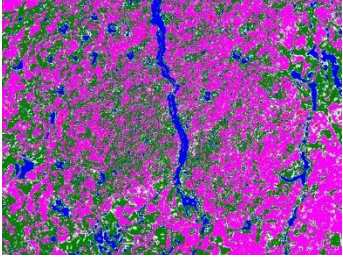
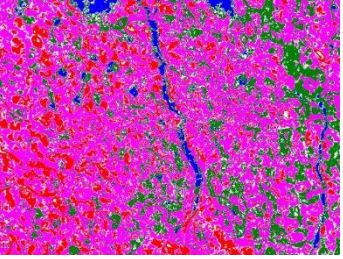

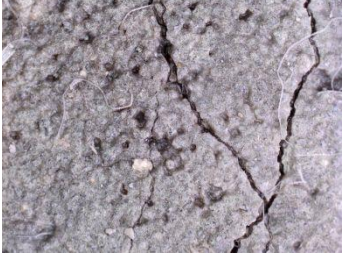

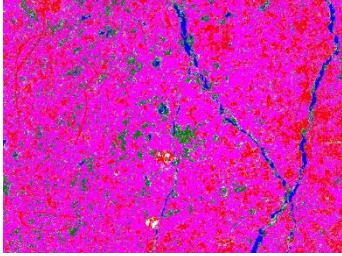
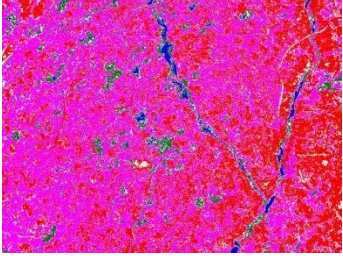
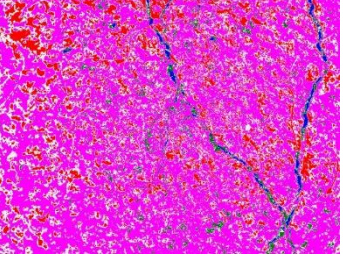
Tab. 18: Porovnání vývoje trhlin vybraných těles s přísadou Xypex

	Po ukončení ošetřování	0 dní	4 měsíce	
XII25	Mikroskop			
	Program Fáze			
XIII12	Mikroskop			
	Program Fáze			
XII20	Mikroskop			
	Program Fáze			





Tab. 19: Porovnání vývoje trhlin vybraných referenčních těles

		Po ukončení ošetřování	0 dní	4 měsíce
CII25	Mikroskop			
	Program Fáze			
CII12	Mikroskop			
	Program Fáze			
CII20	Mikroskop			
	Program Fáze			





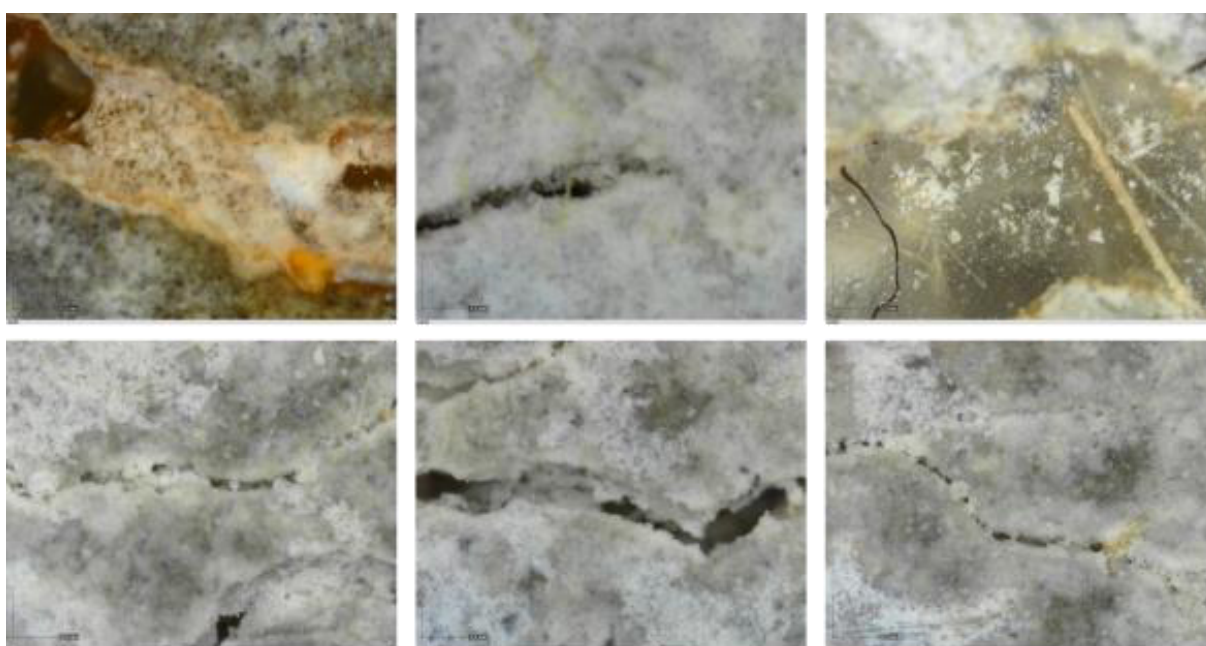
### Analýza trhlin pomocí optického mikroskopu

U vybraných zkušebních těles bylo provedeno ověření zarůstání trhlin pomocí stolního optického mikroskopu, a to v 50násobném zvětšení (Obr. 71) a v 230násobném zvětšení (Obr. 72). Ověření bylo u vybraných těles provedeno po 4 měsících od jejich umístění do odpařovacích nádrží.

Vizuální ověření provedené pomocí optického mikroskopu potvrdilo schopnost zacelování trhlin nově vznikajícími krystaly.



Obr. 71: Vybrané snímky z optického stolního mikroskopu, zvětšení 50x (foto Reiterman P.)

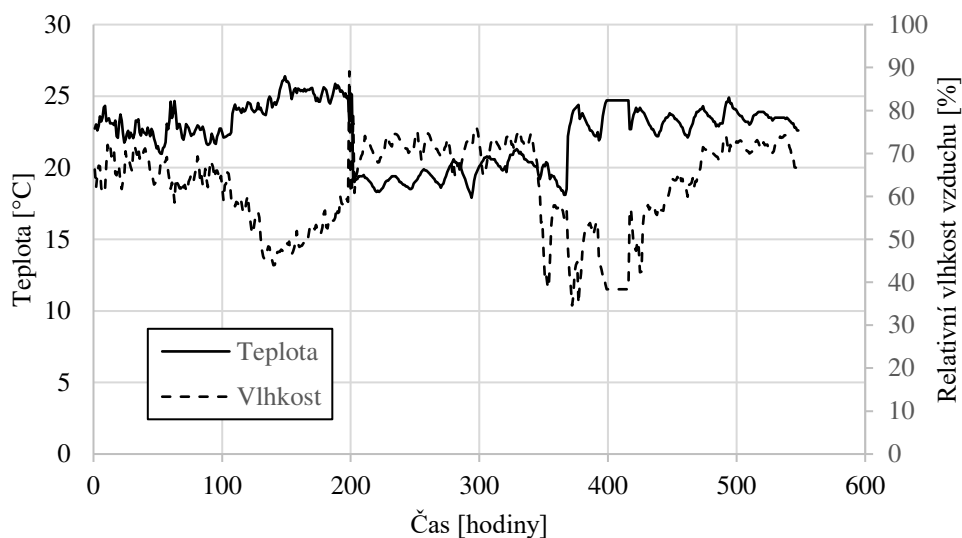


Obr. 72: Vybrané snímky z optického mikroskopu, zvětšení 230x (foto Reiterman P.)



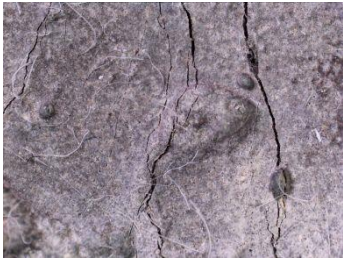
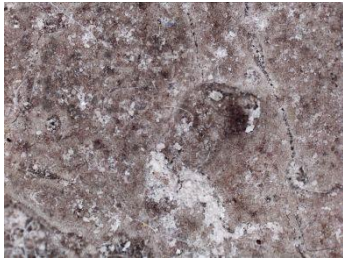


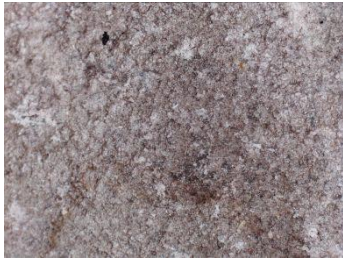

## 2. část

Průběh této části byl stejný, jako průběh části 1. Zkušební tělesa byla uložena do odpařovacích nádrží po 1 roce od betonáže. Po celou dobu experimentu (včetně doby, kdy zkušební tělesa nebyla uložena do odpařovacích nádrží) byla teplota i vlhkost okolního prostředí monitorována pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO (Obr. 73). Zkušební tělesa byla pravidelně monitorována po dobu 4 měsíců pomocí digitálního mikroskopu DigiMirco Profi II (Tab. 20 a Tab. 21) a pořízené snímky byly následně kvantifikovány pomocí softwaru Fáze. Kompletní fotodokumentace je uvedena v Příloze B.



Obr. 73: Průběh teploty a relativní vlhkosti vzduchu – průměrní denní hodnoty

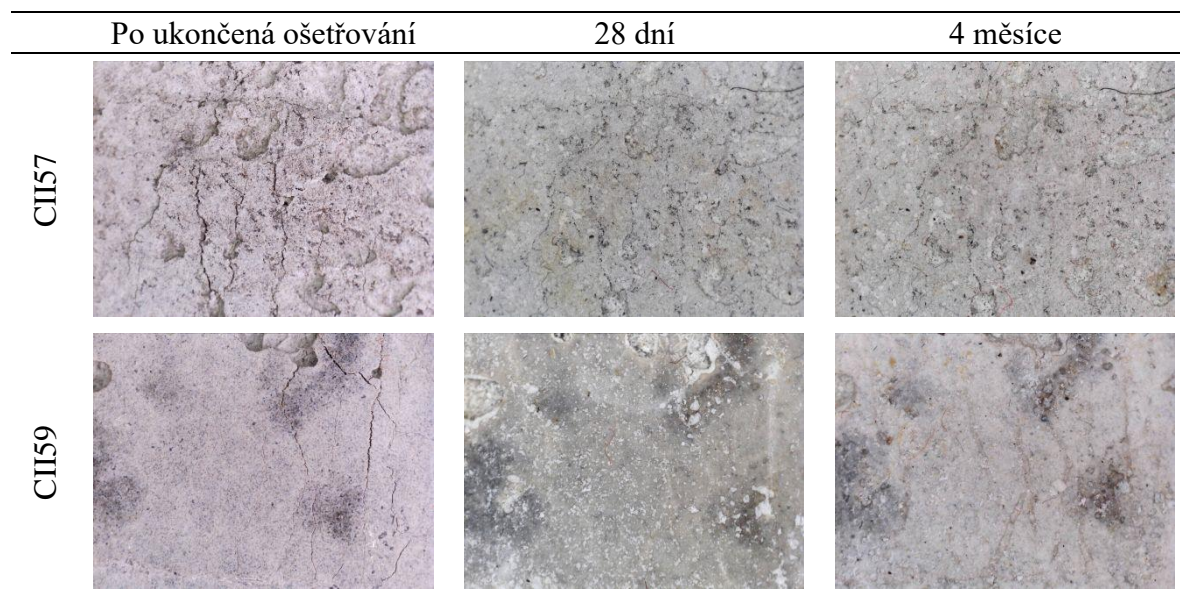
Tab. 20: Ukázka vývoje trhlin u zkušebních těles s přísadou Xypex

	Po ukončená ošetřování	28 dní	4 měsíce
XII57			
XII60			



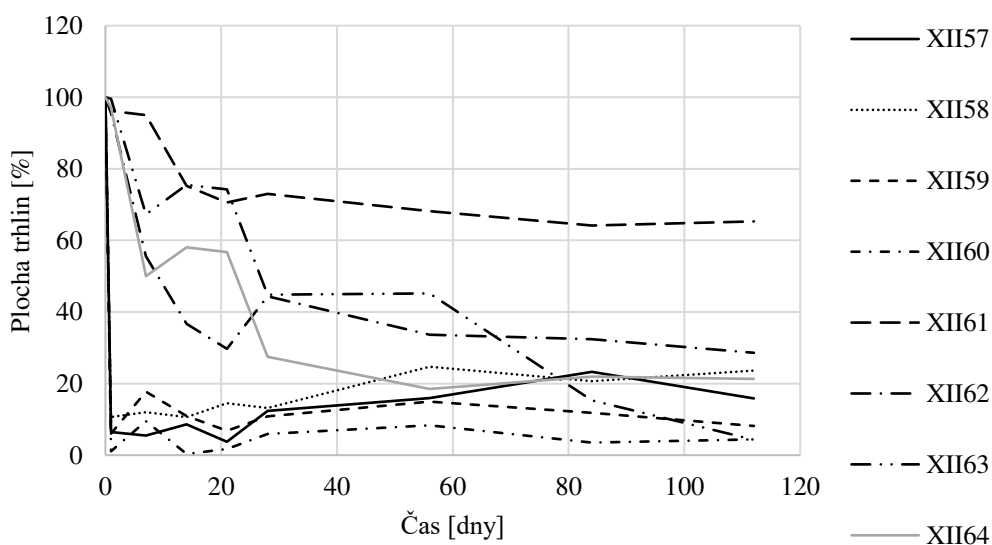


Tab. 21: Vývoj trhlin u referenčních zkušebních těles

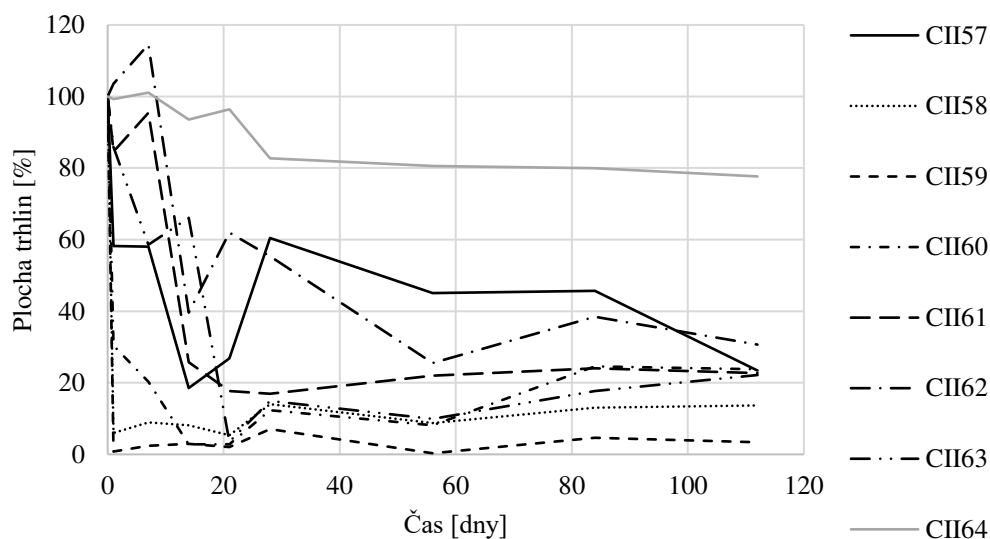


### Vyhodnocení dat získaných pomocí softwaru Fáze – první část

Fotografie pořízené pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II byly vyhodnocovány pomocí softwaru Fáze. Následně byla data vynesena do grafů (Obr. 74 a Obr. 75). Výsledky ukazují, že u zkušebních těles s přísadou Xypex i u referenčních zkušebních těles dochází k autogennímu hojení i po uplynutí jednoho roku od betonáže. Nicméně porovnání průměrných hodnot také ukazuje, že u zkušebních těles s přísadou Xypex i u referenčních zkušebních těles je průběh hojení přibližně podobný. Tento výsledek v porovnání s první částí této fáze experimentu naznačuje, že přidání krystalizační přísady do betonové směsi má největší vliv na autogenní hojení především v nejbližší době po vytvoření betonové konstrukce (prokazatelně do 4 měsíců od provedení betonáže – viz předchozí část experimentu), následně účinnost krystalizační přísady klesá (Tab. 22).



Obr. 74: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech s přísadou Xypex



Obr. 75: Vývoj plochy trhlin v referenčních zkušebních tělesech

Tab. 22: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech v průběhu druhé části experimentu

		Vývoj velikosti trhlin ve zkušebních tělesech [%]								
Typ		Počátek	Umístění	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní	56 dní	84 dní	112 dní
Tělesa s přísadou Xypex	XII57	100,00	6,49	5,44	8,59	3,74	12,39	15,92	23,29	15,84
	XII58	100,00	10,67	12,03	10,63	14,54	13,19	24,70	20,65	23,64
	XII59	100,00	6,04	17,73	10,90	6,85	10,89	14,92	11,83	8,13
	XII60	100,00	1,12	9,51	0,34	1,75	5,91	8,34	3,48	4,42
	XII61	100,00	96,15	95,01	75,23	70,64	73,05	68,17	64,17	65,31
	XII62	100,00	95,59	55,54	36,66	29,70	44,43	33,69	32,37	28,60
	XII63	100,00	99,57	67,24	75,51	74,29	44,88	45,16	15,35	4,29
	XII64	100,00	97,04	50,01	58,10	56,70	27,51	18,50	21,98	21,28
Referenční zkuš. tělesa	CII57	100,00	58,25	58,04	18,54	26,82	60,43	45,11	45,69	23,40
	CII58	100,00	5,98	8,90	8,17	5,35	14,04	8,72	13,03	13,70
	CII59	100,00	0,82	2,39	2,95	2,01	7,04	0,31	4,65	3,39
	CII60	100,00	30,38	20,25	2,81	2,81	12,30	8,09	24,56	23,75
	CII61	100,00	84,59	95,40	25,75	17,69	16,93	21,99	24,08	22,75
	CII62	100,00	103,53	114,52	39,62	61,97	55,31	25,52	38,46	30,66
	CII63	100,00	85,83	58,61	66,07	3,53	14,92	9,93	17,72	22,20
	CII64	100,00	99,30	101,07	93,54	96,40	82,76	80,61	79,99	77,66

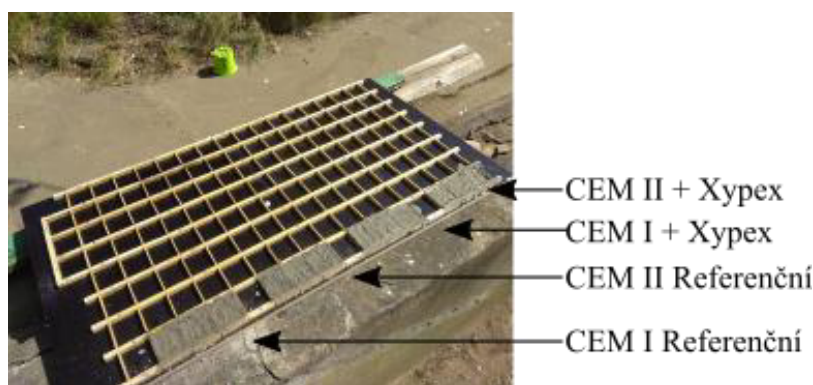


### 3.4.3 Fáze 3: Analýza vlivu použitého cementu na autogenní hojení betonu s krystalizační přísadou

Tato fáze byla zaměřena na porovnání účinnosti krystalizační přísady v závislosti na typu cementu. Fáze 3 probíhala paralelně s fází 2. Byly použity dva typy cementu – CEM I a CEM II, čímž bylo možné provést porovnání dat získaných v rámci tohoto experimentu (kapitola 3.4) s daty získanými v rámci experimentu, který se zabýval vlivem krystalizačních přísad na propustnost betonu (kapitola 3.3).

Bylo vyrobeno celkem 12 zkušebních těles (Obr. 76) o rozměru 50x50x10 mm, tj. celkem 2 sady zkušebních těles po 3 kusech pro každý typ cementu (Tab. 23 a Tab. 24) a k tomu odpovídající počet referenčních těles. Po vybetonování byla zkušební tělesa po dobu 14 dnů ošetřována překrytím fólií.

Po ukončení ošetřování byly v tělesech vytvořeny trhliny pomocí ohybového momentu a následně byla tělesa umístěna do odpařovacích nádrží, kde byla na přímém styku s vodou a zároveň byl umožněn odpar do okolního prostředí – stejně jako tomu bylo ve fázi 2.



Obr. 76: Betonáž zkušebních těles (foto autorka)

Tab. 23: Složení cementové matrice zkušebních těles s cementem CEM I

Složení	Hmotnost [g]
Cement CEM I	500
Kamenivo 0-0,4	500
Xypex Admix C1000	20
Voda	200
Superplastifikátor Stachement	2

Tab. 24: Složení cementové matrice zkušebních těles s cementem CEM II

Složení	Hmotnost [g]
Cement CEM II	500
Kamenivo 0-0,4	500
Xypex Admix C1000	20
Voda	200
Superplastifikátor Stachement	2

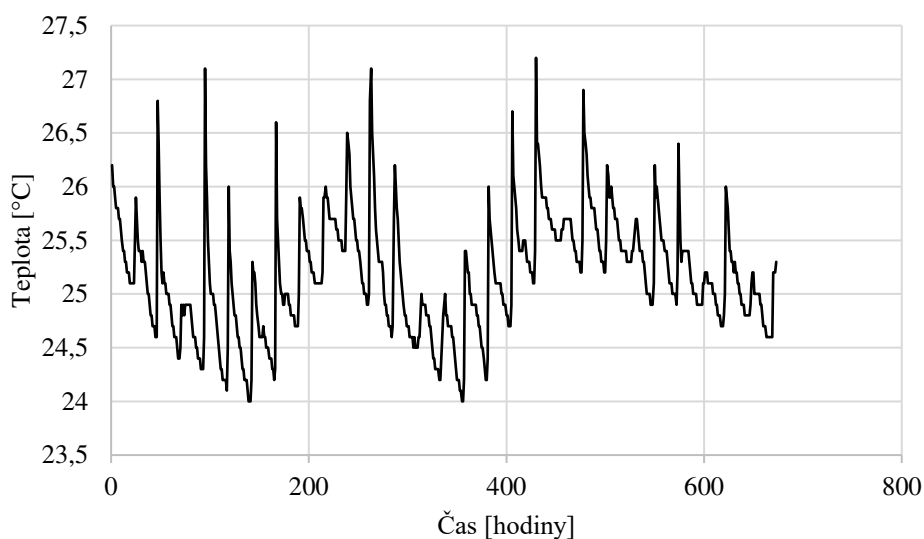


Monitoring těles proběhl před umístěním do odpařovacích nádrží a následně po 7, 14, 21 a 28 dnech (Tab. 25 – Tab. 28). Pro monitoring byl použit digitální mikroskop DigiMicro Profi II.

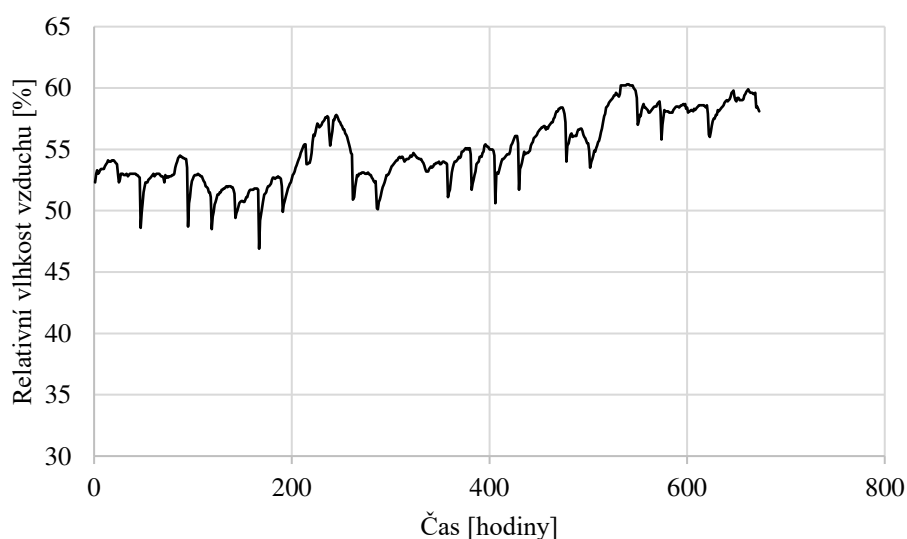
Pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II byly před umístěním do odpařovacích nádrží změřeny i šířky vytvořených trhlin. Šířka trhlin se pohybovala nejčastěji okolo 0,04 mm, nejširší trhlina měla rozměr byl 0,12 mm.

V průběhu celého experimentu byla měřena teplota a relativní vlhkost vzduchu okolního prostředí pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO a následně byla data vynesena do grafu (Obr. 77 a Obr. 78), stejně tak jako v předchozích fázích experimentu. Výkyvy v teplotě byly způsobeny vlivem slunečního záření.

Průměrná teplota se pohybovala okolo 25°C a průměrná relativní vlhkost vzduchu se pohybovala okolo 55 %.



Obr. 77: Průběh teploty v okolním prostředí – fáze 3



Obr. 78: Průběh vlhkosti okolního prostředí – fáze 3





Tab. 25: Vývoj trhlin u těles s přísadou Xypex Admix a cementem CEM I

	XI01	XI02	XI03
0 dní			
7 dní			
14 dní			
21 dní			
28 dní			





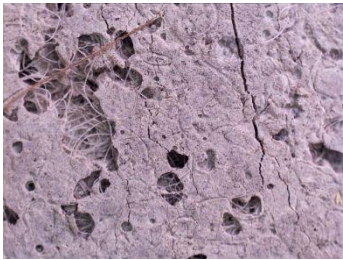
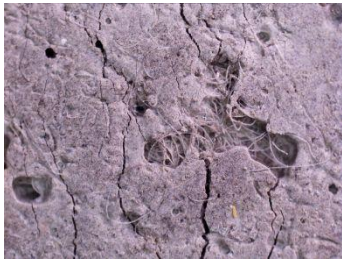


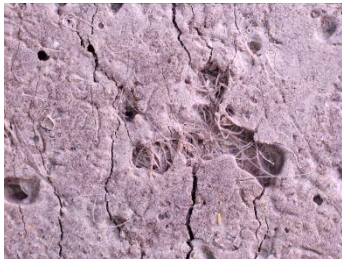




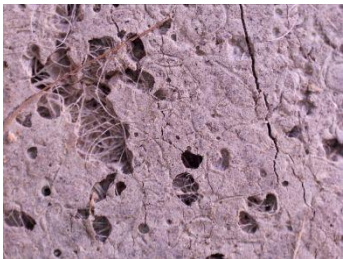





Tab. 26: Vývoj trhlin u těles s přísadou Xypex Admix a cementem CEM II

	XII01	XII02	XII03
0 dní			
7 dní			
14 dní			
21 dní			
28 dní			





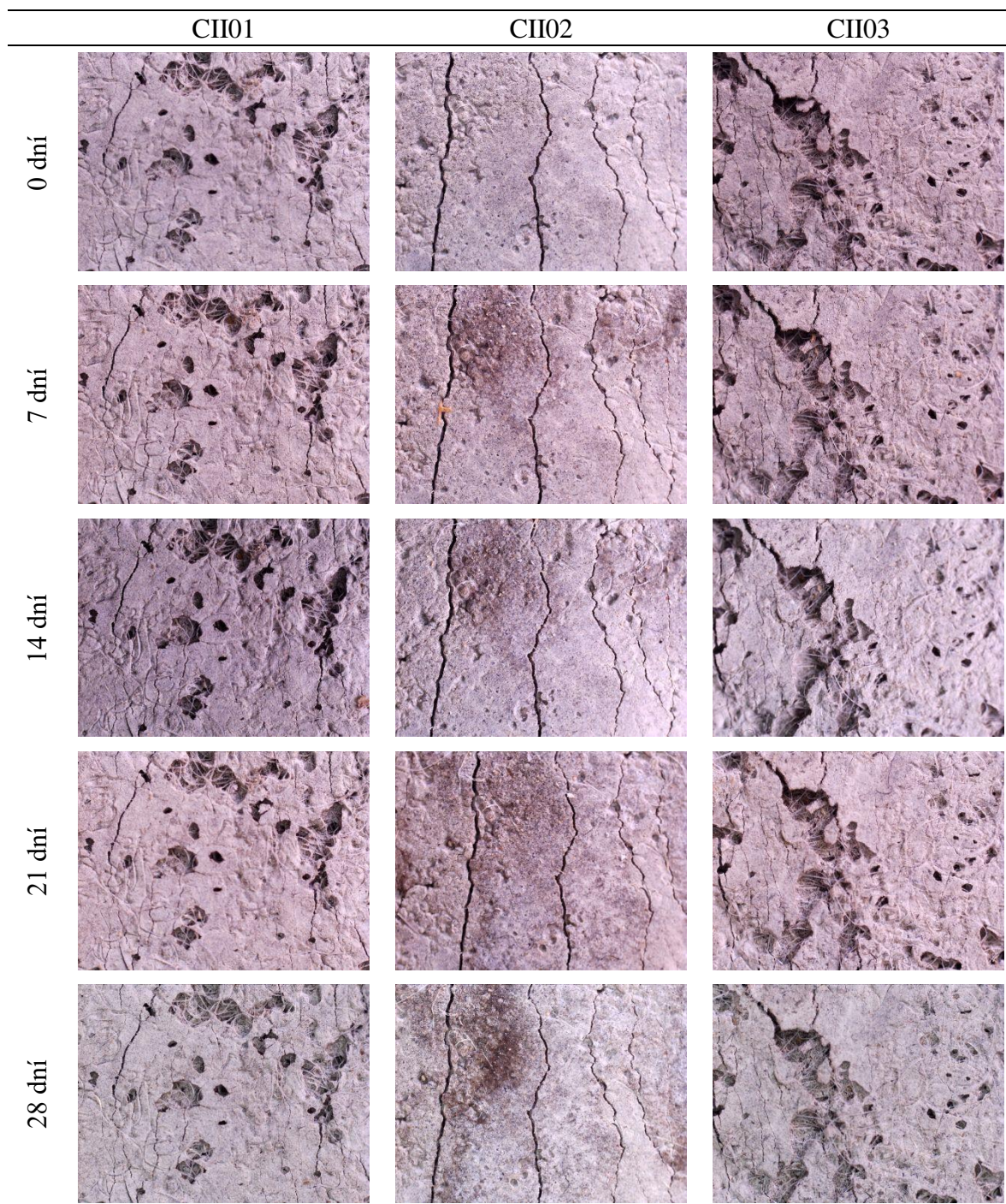
Tab. 27: Vývoj trhlin u referenčních těles s cementem CEM I

	CI01	CI02	CI03
0 dní			
7 dní			
14 dní			
21 dní			
28 dní			





Tab. 28: Vývoj trhlin u referenčních těles s cementem CEM II



### Kvantifikace vývoje trhlin pomocí softwaru Fáze

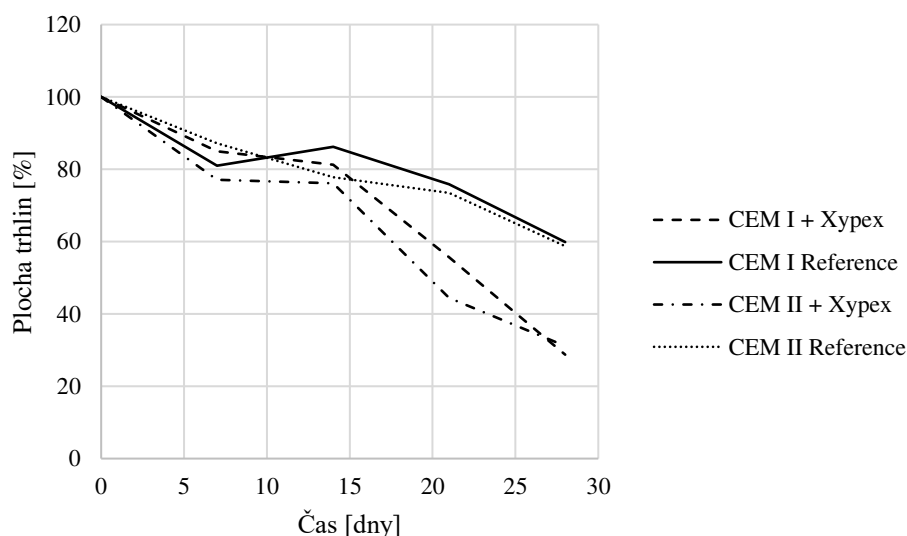
Pro kvantifikaci vývoje trhlin ve zkušebních tělesech na základě získaných snímků byl použit software Fáze.

Stejně jako v případě fáze 1 a 2 byl pro měření fáze 3 využit digitální mikroskop DigiMicro Profi II. První měření proběhlo po vytvoření trhlin, před uložením do odpařovacích nádrží. Dále proběhla 4 měření každých 7 dní, tj. 7, 14, 21 a 28 dní od ukončení ošetřování a umístění do odpařovacích nádrží.



Výsledky ukazují, že růst krystalů v trhlinách není přímo závislý na použitém cementu. Výsledná velikost plochy trhlin u těles s přísadou Xypex se v obou případech pohybovala okolo 30 % v porovnání s velikostí plochy po vytvoření trhlin. Výsledná velikost plochy trhlin u referenčních těles se pohybovala v obou případech okolo 59 % (Obr. 79, Tab. 29).

Lze tedy prohlásit, že je možné porovnat data získaná při experimentu zaměřeném na studium vlivu krystalizačních přísad na propustnost betonu (kapitola 3.3) a data získaná při experimentu, který se zabýval stanovením vlivu okrajových podmínek na funkčnosti krystalizační přísady (kapitola 3.4).



Obr. 79: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech

Tab. 29: Vývoj plochy trhlin v čase – výstup z programu Fáze

	Vývoj plochy trhlin v čase [%]				
	0 dní	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní
XI01	100,00	74,39	66,05	50,69	20,73
XI02	100,00	87,09	84,65	49,60	18,18
XI03	100,00	93,32	92,92	66,81	47,31
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>84,93</b>	<b>81,21</b>	<b>55,70</b>	<b>28,74</b>
XII01	100,00	92,04	95,37	60,69	23,57
XII02	100,00	74,33	71,22	41,88	34,59
XII03	100,00	64,99	61,81	30,62	35,26
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>77,12</b>	<b>76,13</b>	<b>44,39</b>	<b>31,14</b>
CI01	100,00	70,48	81,31	68,97	73,01
CI02	100,00	79,73	71,50	73,23	71,01
CI03	100,00	92,67	105,90	85,31	35,59
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>80,96</b>	<b>86,24</b>	<b>75,84</b>	<b>59,87</b>
CII01	100,00	78,44	81,00	79,11	71,37
CII02	100,00	106,37	99,90	96,16	70,79
CII03	100,00	76,78	52,37	45,01	34,03
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>87,20</b>	<b>77,76</b>	<b>73,43</b>	<b>58,73</b>



### 3.4.4 Fáze 4: Porovnání vlivu různých krystalizačních přísad na autogenní hojení

Tato fáze byla zaměřena na porovnání účinnosti krystalizačních přísad od různých výrobců, které jsou dostupné na českém trhu. Pro porovnání byly použity krystalizační přísady Xypex Admix C-1000 (z důvodu srovnání této fáze experimentu s ostatními prováděnými experimenty), MasterLife WP 1000 od firmy BASF a BETOCRETE-CL-170-P od firmy Schomburg (Tab. 30 – Tab. 32).

Zkušební tělesa měla rozměr 50x50x10 mm a pro jejich výrobu byl zvolen stejně jako v předchozích fázích TRC s polypropylenovou netkanou geotextilií.

Tab. 30: Složení zkušebních těles s přísadou Xypex (pro oba typy cementu CEM I i CEM II)

Složení	Hmotnost [g]
Cement CEM I / CEM II	500
Kamenivo 0-0,4	500
Xypex Admix C-1000	20
Voda	200
Superplastifikátor Stachement	2

Tab. 31: Složení zkušebních těles s přísadou MaseterLife (pro oba typy cementu CEM I i CEM II)

Složení	Hmotnost [g]
Cement CEM I / CEM II	500
Kamenivo 0-0,4	500
MasterLife WP 1000	5
Voda	200
Superplastifikátor Stachement	2

Tab. 32: Složení zkušebních těles s přísadou BETOCRETE (pro oba typy cementu CEM I i CEM II)

Složení	Hmotnost [g]
Cement CEM I / CEM II	500
Kamenivo 0-0,4	500
BETOCRETE-CL-170-P	10
Voda	200
Superplastifikátor Stachement	2

Zároveň byly použity dva typy cementu stejně jako v předchozích fázích experimentu – CEM I a CEM II a to pro každou krystalizační přísadu. Pro každou kombinaci byla vytvořena 4 zkušební tělesa. Dohromady bylo vyrobeno celkem 32 zkušebních těles, z toho 8 referenčních těles (Obr. 80).

Tělesa byla ošetřována po dobu 14 dní pod polyethylenovou fólií. Po ukončení ošetřování byly v tělesech vytvořeny trhliny zatížením ohybovým momentem. Následně byla zkušební tělesa uložena do odpařovací nádrže, kde byla na přímém kontaktu s vodou – stejně jako



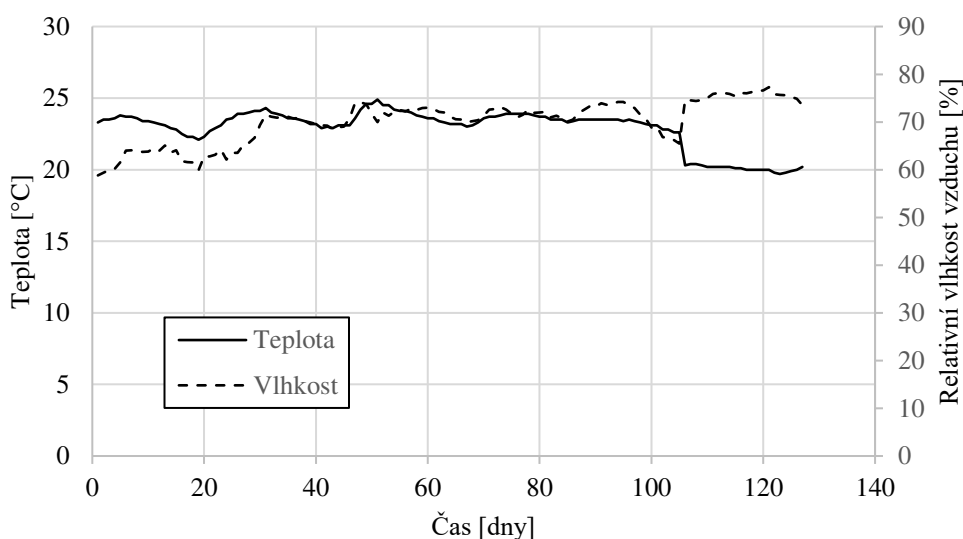


v předchozích fázích experimentu. V těchto nádržích byla zkušební tělesa uchovávána po dobu 4 měsíců.



Obr. 80: Betonáž zkušebních těles – fáze 4 (foto autorka)

Po celou dobu experimentu byla pomocí přístroje založeného na platformě Arduino UNO monitorována teplota a relativní vlhkost okolního prostředí (Obr. 81).



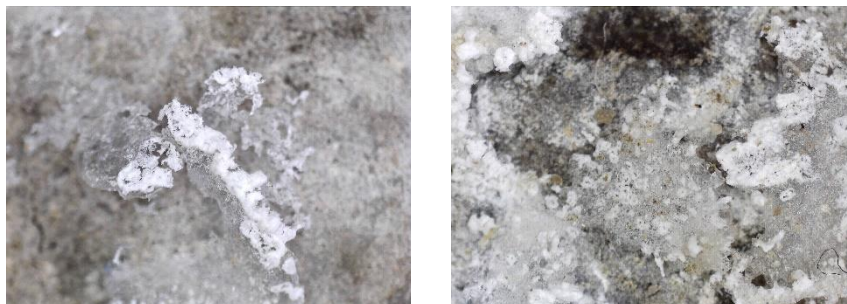
Obr. 81: Průběh teploty a relativní vzdušné vlhkosti v průběhu experimentu – průměrné denní teploty

Tělesa byla pravidelně monitorována; snímkování pomocí digitálního mikroskopu DigiMicro Profi II a fotoaparátu Canon PowerShot a to v době 7, 14, 21, 28, 42 dní, 2, 3, 4 měsíce od ukončení ošetřování a vytvoření trhlin ve zkušebních tělesech. Snímkování bylo provedeno i před umístěním zkušebních těles do odpařovací nádrže, aby bylo možno vyhodnotit snímky.

V následujících tabulkách (Tab. 33 – Tab. 36) jsou uvedeny fotografie pořízené mikroskopem u vybraných zkušebních těles v době po ukončení ošetřování, 28 dní po vystavení zkušebních těles vodě a po 4 měsících od vystavení zkušebních těles vodě. Kompletní fotodokumentace experimentu je uvedena v příloze D: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 4. Zkušební tělesa obsahující cement CEM I obsahují římskou číslici „I“ ve svém názvu, zkušební tělesa obsahující cement CEM II obsahují ve svém názvu římskou číslici „II“.









U zkušebních těles došlo v průběhu experimentu k autogennímu hojení trhlin a u některých zkušebních těles dokonce došlo k vytvoření výkvětu na povrchu zkušebních těles (Obr. 82).









Obr. 82: Mikroskopická fotografie výkvětu na zkušebních tělesech (foto autorka)

Tab. 33: Referenční zkušební tělesa

	Po ukončená ošetřování	28 dní	4 měsíce
CI3			
CI11			

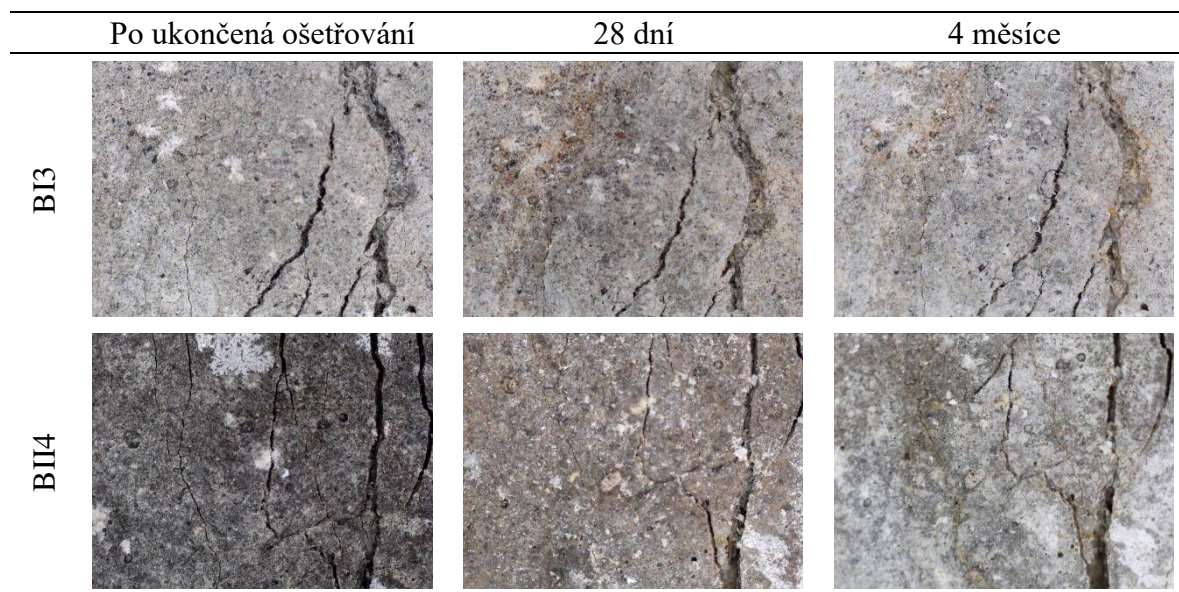
Tab. 34: Zkušební tělesa s přísadou Xypex

	Po ukončená ošetřování	28 dní	4 měsíce
XI3			
XII4			

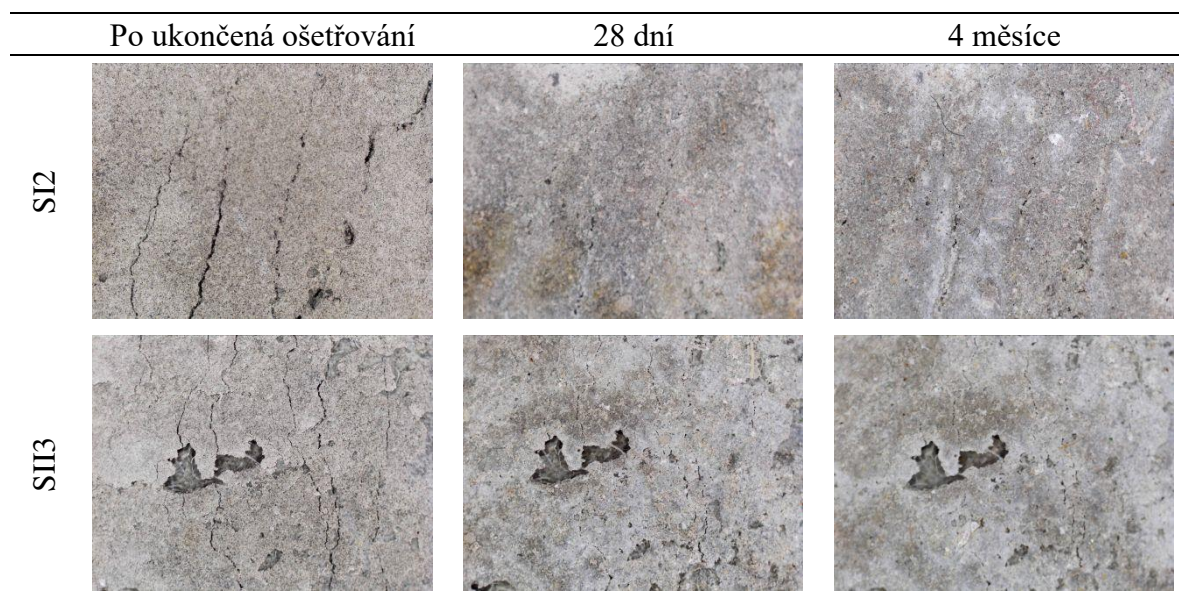




Tab. 35: Zkušební tělesa s přísadou MasterLife



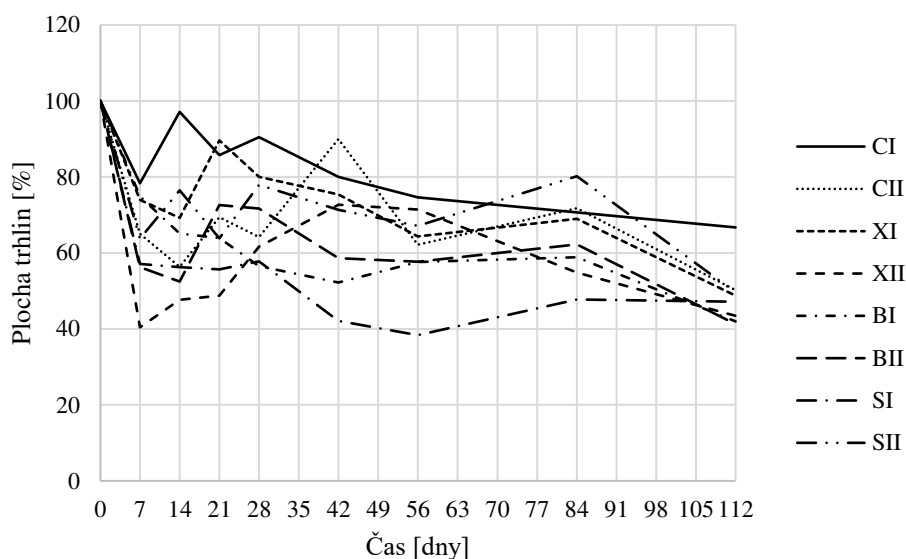
Tab. 36: Zkušební tělesa s přísadou BETOCRETE



### Kvantifikace vývoje trhlin pomocí softwaru Fáze

Pro kvantifikaci získaných fotografií byl použit software fáze stejně jako v předchozích částech experimentu. Získaná data byla následně zprůměrována a vynesena do grafu (Obr. 83). Vývoj zarůstání trhlin krystalizací je pak podrobně uveden v Tab. 37 a Tab. 38.

Výsledky ukazují, že u všech zkušebních těles došlo k autogennímu hojení. Na konci experimentu (tj. 4 měsíce od vystavení zkušebních těles prostředí v odpařovacích nádržích) byla účinnost autogenního hojení u těles s krystalizačními přísadami obdobná a to cca 1,3x vyšší než u referenčních zkušebních těles. Vliv cementu (CEM I a CEM II) byl zanedbatelný.



Obr. 83: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech

Tab. 37: Vývoj plochy trhlin v čase – část a

	Vývoj plochy trhlin v čase [%]								
	0 dní	7 dní	14 dní	21 dní	28 dní	1,5m	2m	3m	4m
CI1	100,00	99,22	94,80	88,87	79,28	75,24	59,55	59,40	59,02
CI2	100,00	62,73	104,79	105,60	121,87	103,97	82,31	80,49	84,21
CI3	100,00	65,20	69,23	75,19	81,57	55,82	49,57	35,47	24,91
CI4	100,00	86,09	119,57	73,43	79,10	85,18	107,09	107,16	98,68
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>78,31</b>	<b>97,10</b>	<b>85,77</b>	<b>90,46</b>	<b>80,05</b>	<b>74,63</b>	<b>70,63</b>	<b>66,71</b>
CII1	100,00	99,29	55,07	56,25	50,94	103,32	59,02	91,44	44,55
CII2	100,00	45,85	42,96	53,71	47,82	111,05	42,13	55,03	21,37
CII3	100,00	58,90	55,19	80,77	76,32	73,46	68,52	72,16	77,93
CII4	100,00	56,11	72,14	86,94	81,69	72,10	78,98	68,30	57,04
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>65,04</b>	<b>56,34</b>	<b>69,42</b>	<b>64,19</b>	<b>89,98</b>	<b>62,16</b>	<b>71,74</b>	<b>50,22</b>
XI1	100,00	90,69	50,54	87,99	79,94	77,33	92,51	72,11	56,52
XI2	100,00	99,88	108,58	89,65	78,10	67,98	39,83	103,06	53,11
XI3	100,00	32,39	33,50	78,43	82,80	66,44	35,69	13,52	20,30
XI4	100,00	72,95	84,13	102,26	79,16	89,66	89,18	87,30	65,10
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>73,98</b>	<b>69,19</b>	<b>89,58</b>	<b>80,00</b>	<b>75,35</b>	<b>64,30</b>	<b>69,00</b>	<b>48,76</b>
XII1	100,00	39,35	81,98	29,37	56,88	62,77	84,09	95,48	68,87
XII2	100,00	20,82	23,53	24,90	77,64	94,25	68,27	31,97	15,89
XII3	100,00	73,99	73,52	97,50	75,12	98,24	81,19	59,76	56,60
XII4	100,00	27,54	11,74	43,25	37,06	35,42	52,21	32,13	32,38
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>40,43</b>	<b>47,69</b>	<b>48,76</b>	<b>61,67</b>	<b>72,67</b>	<b>71,44</b>	<b>54,84</b>	<b>43,43</b>
BI1	100,00	53,39	77,78	71,22	64,83	46,45	17,01	68,35	55,77
BI2	100,00	98,88	89,36	87,98	78,13	67,88	65,88	57,98	45,28
BI3	100,00	58,14	52,81	54,43	38,55	53,79	78,34	38,32	33,27
BI4	100,00	89,02	40,62	42,08	44,40	40,69	69,25	70,93	33,58
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>74,86</b>	<b>65,14</b>	<b>63,93</b>	<b>56,48</b>	<b>52,20</b>	<b>57,62</b>	<b>58,89</b>	<b>41,97</b>





Tab. 38: Vývoj plochy trhlin v čase – část b

	Vývoj plochy trhlin v čase [%]								
	0 dní	7dní	14 dní	21 dní	28 dní	1,5m	2m	3m	4m
BII1	100,00	72,76	78,63	80,00	79,77	71,75	71,01	70,21	44,76
BII2	100,00	53,29	51,97	54,46	77,87	77,90	61,96	60,85	44,38
BII3	100,00	80,27	67,15	132,39	109,54	75,33	82,74	93,60	66,41
BII4	100,00	18,73	12,27	23,68	19,65	9,44	15,02	24,12	9,50
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>56,26</b>	<b>52,51</b>	<b>72,63</b>	<b>71,71</b>	<b>58,61</b>	<b>57,68</b>	<b>62,20</b>	<b>41,26</b>
SI1	100,00	83,60	77,46	64,12	50,28	47,91	39,62	46,26	64,29
SI2	100,00	19,61	20,53	30,21	11,13	1,69	3,39	10,03	14,34
SI3	100,00	56,92	52,18	60,15	68,68	44,09	44,69	43,93	54,70
SI4	100,00	68,17	74,87	68,05	101,10	74,71	65,74	90,90	55,45
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>57,07</b>	<b>56,26</b>	<b>55,63</b>	<b>57,80</b>	<b>42,10</b>	<b>38,36</b>	<b>47,78</b>	<b>47,19</b>
SII1	100,00	98,99	104,94	26,89	67,87	66,26	64,23	43,09	78,88
SII2	100,00	13,18	46,76	65,77	45,99	39,48	24,23	91,34	21,97
SII3	100,00	32,98	38,15	65,79	77,67	85,69	90,64	63,47	23,48
SII4	100,00	109,91	115,96	96,88	120,09	93,96	89,32	122,96	74,12
<b>Ø</b>	<b>100,00</b>	<b>63,76</b>	<b>76,45</b>	<b>63,83</b>	<b>77,90</b>	<b>71,35</b>	<b>67,10</b>	<b>80,21</b>	<b>49,61</b>

### 3.4.5 Diskuse výsledků

Problematika pronikání podzemní vody do konstrukce tzv. bílé základové vany je jedním z aktuálních témat současného stavebnictví. Za účelem analýzy tohoto problému byly provedeny laboratorní zkoušky, zaměřené na interakci betonové konstrukce s krystalizačními materiály, které jsou v tzv. bílých vanách často používány.

Výsledky potvrdily obecně známou skutečnost, že i beton samotný (bez přísady) má jistou schopnost autogenního hojení, nicméně v porovnání s betonem s krystalizační přísadou (pro experiment byly využity krystalizační přísady Xypex Admix C-1000, MasterLife WP 1000 a BETOCRETE-CL-170-P) je tato schopnost výrazně menší, a to zejména v raných dobách po vybetonování konstrukce (cca do 4 měsíců po vybetonování konstrukce). Dlouhodobý experiment ukázal, že schopnost přísady posilovat autogenní hojení betonu v průběhu času klesá.

Výsledky prokázaly, že je výhodné tyto přísady používat do betonů, u nichž je požadavek na vodonepropustnost, tj. typicky spodní stavby objektů, konstruované jako tzv. bílé vany. A to především proto, že velká část trhlin se tvoří právě brzy po vybetonování konstrukce. U trhlin, které vznikají později po vybetonování konstrukce bude výhodnější používat pro sanaci krystalizační nátěry, které jsou k tomu určené.

Výsledky experimentu zaměřeného na srovnání krystalizačních přísad od různých výrobců ukázaly, že v prvních 28 dnech po betonáži byly zaznamenány určité rozdíly ve vlivu na účinnost autogenního hojení betonu mezi jednotlivými krystalizačními přísadami. Při dlouhodobém sledování se ale tyto rozdíly postupně zmenšovaly. V konečném důsledku (po 4 měsících sledování) byla efektivita porovnávaných krystalizačních přísad v zásadě podobná.



U všech testovaných krystalizačních přísad byl zaznamenán pozitivní účinek na autogenní hojení betonu v porovnání s referenčními tělesy.

Experiment zároveň ukázal, že pro zarůstání trhlin je nutné, aby byly zajištěny vhodné okrajové podmínky, především v raných fázích zrání betonu:

- Experiment probíhal v rozmezí teplot 4 – 30°C, pro tyto teploty se výsledky významně neliší.
- Pro aktivaci krystalizační přísady je nezbytné, aby jedna strana konstrukce byla v kontaktu s vodou, které je umožněno prosakování trhlinou a následné odpařování do okolního prostředí. Voda trhlinou nesmí proudit, jinak může dojít k vymývání krystalizační přísady a tím je znemožněn růst nových krystalů.

Také bylo provedeno porovnání zarůstání trhlin pro dva odlišné typy cementu – CEM I a CEM II. Výsledky ukázaly, že v tomto případě použitý cement neovlivnil výslednou schopnost autogenního hojení betonu.



## 4. Závěr

Pronikání vody do interiéru spodní stavby budov v důsledku trhlin v železobetonových konstrukcích je jedním z nejčastějších problémů při použití základové vany z vodonepropustného betonu. Za účelem analýzy tohoto problému byly provedeny laboratorní zkoušky zaměřené na interakci betonové konstrukce s krystalizačními materiály, které mohou za určitých podmínek významně posílit autogenní hojení betonu.

Nejprve byl zkoumán vliv krystalizační přísady a krystalizačního nátěru na konstrukci, u níž byl primárně kladen požadavek na maximální přiblížení se reálné situaci na stavbě. Z tohoto důvodu byly vytvořeny dva modely ve tvaru výrazně zmenšené části konstrukce spodní stavby budovy. Modely se lišily pouze obsahem přísady se schopností sekundární krystalizace (Xypex Admix) a krystalizačním nátěrem (Xypex Concentrate) na dvou stěnách jednoho z modelů.

- U modelu s krystalizační přísadou došlo zpočátku k masivnímu průsaku vody, tento průsak byl ale během 4 týdnů zastaven – důsledek autogenního hojení.
- Měření ve stěnách zkušebních modelů pomocí odporového vlhkoměru se štetinkovými sondami vykazovalo postupné snížení vlhkosti ve všech kontrolních bodech.
- Výsledky experimentu na modelech potvrdily důležitost dodržování technologické kázně k eliminování poruch konstrukce.
- Výsledky experimentu potvrdily, že krystalizační přísady mají potenciál v brzkých fázích po vytvoření konstrukce podpořit autogenní hojení betonu v místech poruch konstrukce.

Vzhledem k současnému trendu využívání přírodních zdrojů a zároveň stavu poznání v odborné literatuře byla zkoumána i možnost využití mikroorganismů pro sanaci trhlin a mikrotrhlin v betonu. Byla zkoumána plíseň *Trichoderma reesei* a bakterie *Bacillus pseudofirmus*. Výsledky experimentu ukázaly, že:

- *Trichoderma reesei* nesnese alkalické prostředí, které je typické pro čerstvý beton.
- *Bacillus pseudofirmus* reagoval pouze v živném médiu – výsledkem byl zcela nahodilý růst vápenných krystalů.
- U těchto dvou mikroorganismů je třeba zajistit příznivé prostředí, ve kterém by byl umožněn jejich růst, a proto je použitelnost této technologie v podmínkách stavební výroby značně problematická.
- Výsledky experimentu potvrdily správnost primárního zaměření disertační práce na zvýšení autogenního hojení betonu prostřednictvím krystalizačních materiálů.

Z experimentu prováděného na modelech vyplynula potřeba podrobněji popsat vliv krystalizačních přísad na posílení autogenního hojení betonu. Proto následoval dlouhodobý experiment prováděný na krychlových zkušebních tělesech, kde byla použita krystalizační přísada Xypex Admix C1000.

- U zkušebních těles došlo k zarůstání trhlin za současného výskytu krystalického výkvětu.
- U referenčních zkušebních těles bylo zarůstání trhlin méně patrné a při zkoušce permeability naprosto nedostatečné.





- Výsledky experimentu potvrdily nutnost provádět u konstrukcí kvalitní (nepřerušované) ošetřování.
- Trhliny do šířky 0,1 mm odolaly při zkoušce permeability tlaku vody 0,2 MPa.
- Chemické složení nově formovaných krystalů odpovídá složení C-S-H gelu – došlo k sekundární hydrataci portlandského cementu.

Závěrečný dlouhodobý experiment byl zaměřen na interakci krystalizačních přísad s betonem s textilní výztuží (TRC). Byly použity různé krystalizační přísady (Xypex Admix C-1000, MasterLife WP 1000 a BETOCRETE-CL-170-P) a různé druhy cementu (CEM I a CEM II).

- Výsledky potvrdily obecně známou skutečnost, že i beton bez přísad má schopnost autogenního hojení, nicméně tato schopnost je menší v porovnání s betonem s krystalizační přísadou v raných dobách po betonáži konstrukce.
- Schopnost krystalizačních přísad podporovat autogenní hojení betonu klesá v čase – výsledky ukázaly, že krystalizační přísada nejvíce podporuje autogenní hojení betonu v raných fázích po vybetonování konstrukce (cca první 4 měsíce), po roce byl vliv krystalizační přísady na autogenní hojení betonu téměř zanedbatelný.
- Výše uvedené závěry jsou platné pro okrajové podmínky, při kterých bylo prováděno experimentální měření, konkrétně pro teplotu okolního prostředí 4 – 30°C a relativní vlhkost vzduchu cca 40 %. Při vyhodnocení získaných dat nebyl shledán rozdíl ve schopnosti zacelování trhlin pro uvedený teplotní interval.
- Výsledky experimentu potvrdily, že pro aktivaci krystalizační přísady je nezbytné, aby jedna strana konstrukce byla v kontaktu s vodou, které je umožněno prosakování trhlinou a následné odpařování do okolního prostředí. Voda ale trhlinou nesmí proudit, jinak může dojít k vymývání krystalizační přísady a kritickému úbytku chemických látek způsobujících sekundární krystalizaci nezhydratovaných zrn původního C-S-H gelu.
- Výsledky experimentu zaměřeného na srovnání krystalizačních přísad od různých výrobců ukázaly, že v prvních 28 dnech po betonáži byly zaznamenány určité rozdíly ve vlivu na účinnost autogenního hojení betonu mezi jednotlivými krystalizačními přísadami. Při dlouhodobém sledování se ale tyto rozdíly postupně zmenšovaly. V konečném důsledku (po 4 měsících sledování) byla efektivita porovnávaných krystalizačních přísad v zásadě podobná.
- Výsledky ukázaly, že použitý cement (CEM I a CEM II) neovlivnil účinnost autogenního hojení.
- U všech testovaných krystalizačních přísad byl zaznamenán pozitivní účinek na autogenní hojení betonu v porovnání s referenčními tělesy.



## 5. Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 0610. *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Český normalizační institut, Praha, 2000.
- [2] KUNHARTOVÁ, Silvie. *Metody sanace vlhkosti ve stavebních konstrukcích*. ASB-portal.cz: Odborný stavební portál [online]. 2009 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/rekonstrukce-staveb/metody-sanaci-vlhkosti-ve-stavebnich-konstrukcich>
- [3] PAZDERKA, J. a Radek ZIGLER.: *Refurbishment of moist building masonry in terms of sustainable building*. In CESB 13 - Central Europe towards Sustainable Building 2013. Praha: GRADA PUBLISHING, 2013, p. 163-166. ISBN 978-80-247-5015-6.
- [4] RIRSCH, Eric; ZHANG, Zhongyi. *Rising damp in masonry walls and the importance of mortar properties*. Construction and Building Materials, 2010, 24.10: 1815-1820.
- [5] PAZDERKA, Jiří; PURKRTOVÁ, Magdalena; REITERMAN, Pavel. *Moisture-related Problems of Historic Concrete Structure*. In: Materials Science Forum. 2016.
- [6] ČSN P 73 0606. *Hydroizolace staveb - Povlakové hydroizolace - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [7] ČSN EN 206+A1. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Český normalizační institut, Praha, 2018.
- [8] Erläuterungen zur DAfStb-Richtlinie. *Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (VU-Richtlinie) = Komentář k Technickým pravidlům ČBS 04. Směrnice pro vodonepropustné betonové konstrukce*. Praha: Česká betonářská společnost ČSSI, [2015]. ISBN 978-80-903806-9-1.
- [9] PAZDERKA, J.: *Účinnost sanačních postupů založených na krystalizačních materiálech*, odborný článek, časopis Beton TKS 2/09, s. 16-19, Beton TKS, Praha 2009
- [10] BALÍK, Michael. *Odvhlčování staveb. 2., přeprac. vyd.* Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2693-9.
- [11] WISSLICEN, H., HILLEMEIER, B.: *Zu den Arbeits- und Scheinfugen in wasserundurchlässigen Stahlbeton-Konstruktionen*, článek v Beton- und Stahlbetonbau 85, ISSN 0005-9900, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 1990
- [12] *Xypex: Vodonepropustnost betonu a ochrana betonových konstrukcí* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.nekap.cz/xypex/xypex.php>



- [13] REITERMAN, Pavel; PAZDERKA, Jiri. *Crystalline coating and its influence on the water transport in concrete*. Advances in Civil Engineering, 2016, 2016.
- [14] PAZDERKA, Jiří; HÁJKOVÁ, Eva. *Crystalline admixtures and their effect on selected properties of concrete*. Acta Polytechnica, 2016, 56.4: 291-300.
- [15] WANG, Ke Liang; HU, Ting Zheng; XU, Shang Jie. *Influence of permeated crystalline waterproof materials on impermeability of concrete*. In: Advanced Materials Research. Trans Tech Publications, 2012. p. 954-960.
- [16] AL-KHEETAN, Mazen J.; RAHMAN, Mujib M.; CHAMBERLAIN, Denis A. *A novel approach of introducing crystalline protection material and curing agent in fresh concrete for enhancing hydrophobicity*. Construction and Building Materials, 2018, 160: 644-652.
- [17] ROIG-FLORES, MARTA, et al. *Effect of crystalline admixtures on the self-healing capability of early-age concrete studied by means of permeability and crack closing tests*. Construction and Building Materials, 2016, 114: 447-457.
- [18] SISOMPHON, K.; COPUROGLU, O.; KOENDERS, E. A. B. *Self-healing of surface cracks in mortars with expansive additive and crystalline additive*. Cement and Concrete Composites, 2012, 34.4: 566-574.
- [19] MAILVAGANAM, Noel P.; RIXOM, M. R. *Chemical admixtures for concrete*. CRC Press, 2002. ISBN 0-203-01724-2
- [20] DODSON, Vance H. *Concrete admixtures*. Springer Science & Business Media, 2013. ISBN 978-1-4757-4845-1
- [21] JONKERS, Henk M.; SCHLANGEN, Erik. *Crack repair by concrete-immobilized bacteria*. In: Proceedings of the first international conference on self healing materials. 2007. p. 18-20.
- [22] JONKERS, Henk M., et al. *Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete*. Ecological engineering, 2010, 36.2: 230-235.
- [23] JONKERS, Henk M.; SCHLANGEN, Erik. *Development of a bacteria-based self healing concrete*. In: Proc. int. FIB symposium. 2008. p. 425-430.
- [24] LUO, Jing, et al. *Interactions of fungi with concrete: Significant importance for bio-based self-healing concrete*. Construction and Building Materials, 2018, 164: 275-285.
- [25] WENG, Tsai-Lung a CHENG, An, *Influence of curing environment on concrete with crystalline admixture*, Monatshefte fur Chemie, vol. 145, no. 1, pp 195-200, 2014.
- [26] BOHUS, Stepan., DROCHYTKA, Rostislav a Luboš TARANZA, *Fly-ash usage in new cement-based material for concrete waterproofing*, Advanced Materials Research, vol. 535-537, pp. 1902-1906, 2012.



- [27] SOUZA OLIVEIRA, A. de, DWECK, J., MORAES REGO FAIRBAIRN, E. de, FONSECA MARTINS GOMES, O. da a R. D. TOLEDO FILHO, *Crystalline admixture effects on crystal formation phenomena during cement pastes' hydration*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 139, no. 6, pp. 3361-3375, 2020.
- [28] LIM, Seungmin a Shiho KAWASHIMA, *Mechanisms Underlying Crystalline Waterproofing through Microstructural and Phase Characterization*, Journal of Materials in Civil Engineering, vol. 31, no. 9, Article ID 04019175, 2019.
- [29] RAHHAL, V., BONAVETTI, V., DELGADO, A., PEDRAJAS, C. a R. TALERO, *Scheme of the Portland cement hydration with crystalline mineral admixtures and other aspects*, Silicates Industriels, vol. 74, no. 11, pp. 347-352, 2009.
- [30] EDVARDESEN, C., *Water Penetrability and Autogenous Healing of Separation Cracks in Concrete*, Betonwerk und Fertigteil-Technik, vol. 62, no. 11, pp. 77-85, 1996.
- [31] ELSALAMAWY, Mona, MOHAMED, Ashraf R. a Elsalamawy, Mona, Ashraf R. Mohamed, and E. Aboesen Abdel-latif E. ABOSEN, *Performance of crystalline forming additive materials in concrete*, Construction and Building Materials, vol. 230, Article ID 04019175, 2020.
- [32] AL-KHEETAN, M., RAHMAN, M. a D.A. CHAMBERLAIN, *Development of hydrophobic concrete by adding dual-crystalline admixture at mixing stage*, Structural Concrete, vol. 19, no. 5, pp. 1504–1511, 2018.
- [33] DAO, Vinh T. N., DUX P. F., MORRIS P. H. a A. H. CARSE, *Performance of permeability-reducing admixtures in marine concrete structures*, ACI Materials Journal, vol. 107, no. 3, pp. 291-296, 2010.
- [34] AL-KHEETAN, M. J., RAHMAN, M. M. a D. A. CHAMBERLAIN, *Fundamental interaction of hydrophobic materials in concrete with different moisture contents in saline environment*, Construction and Building Materials, vol. 207, pp. 122-135, 2019.
- [35] CONNELL Leo, *Crack Repair System Stops Water in Its Tracks*, Concrete International, vol. 29, no. 5, pp. 50-52, 2007.
- [36] REITERMAN, P., DAVIDOVÁ, V., PAZDERKA, J. a W. KUBISSA, *Reduction of Concrete Surface Permeability by Using Crystalline Treatment*, Romanian Journal of Materials, vol.50, no. 1, pp. 69-74, 2020.
- [37] AL-KHEETAN, M. J., RAHMAN M. M. a D. A. CHAMBERLAIN, *Optimum Mix Design for Internally Integrated Concrete with Crystallizing Protective Material*, Journal of Materials in Civil Engineering, vol.31, no.7, Article ID 04019101, 2019.
- [38] NATAADMADJA, A. D. a J. A. P. RUNTUWENE, *Analysis of concrete permeability with additional waterproofing admixture*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 195, no. 1, Article ID 012002, 2018.





- [39] ZHANG, Y., DU, X., LI, Y., YANG, F. a LI Z., *Research on cementitious capillary crystalline waterproofing coating for underground concrete works*, Advanced Materials Research, vol. 450-451, pp. 286-290, 2012.
- [40] WANG, K., HU, T. a XU, S., *Influence of permeated crystalline waterproof materials on impermeability of concrete*, Advanced Materials Research, vol. 446-449, pp. 954-960, 2012.
- [41] JI, H. J., YANG, Y., ZHOU, S. G. a YUAN, Y., *Tentative study of a new cement waterproof paint*, Journal of Xi'an University of Architecture and Technology, vol. 40, no. 1, pp. 80-86, 2008.
- [42] WANG, G. M. a YU, J. Y., *Effect of catalytic crystalline waterproofing coating on performance and microstructure of concrete*, Journal of Wuhan University of Technology, vol. 28, no. 3, pp. 29-31, 2006.
- [43] MUNN, R. L., KAO, G. a Z. T. CHANG, *Performance and compatibility of permeability reducing and other chemical admixtures in Australian concretes*, Proceedings of 7th CANMET/ACI Int. Conference on superplasticizers and other chemical admixtures in concrete, vol. 1, pp. 361-379, 2003.
- [44] AZARSA, P., GUPTA, R. a A. BIPARVA, *Inventive microstructural and durability investigation of cementitious composites involving crystalline waterproofing admixtures and Portland limestone cement*, Materials, vol. 13, no. 6, Article ID 1425, 2020.
- [45] NARLOCH P. a P. WOYCIECHOWSKI, *Assessing cement stabilized rammed earth durability in a humid continental climate*, Buildings, vol. 10, no. 2, Article ID 26, 2020.
- [46] BOHUS, S. a R. DROCHYTKA, *Cement based material with crystal-growth ability under long term aggressive medium impact*, Applied Mechanics and Materials, vol. 166-169, pp. 1773-1778, 2012.
- [47] GAO, L., KONG, L. a C. HUI, *Effect of catalytic crystalline waterproof coatings on steel reinforcement corrosion of concrete*, Advanced Materials Research, vol. 79-82, pp. 1083-1086, 2009.
- [48] AL-KHEETAN, M. J., RAHMAN, M. M., BALAKRISHNA, M. N. a D. A. CHAMBERLAIN, *Performance enhancement of self-compacting concrete in saline environment by hydrophobic surface protection*, Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 46, no. 8, pp. 677-686, 2019.
- [49] ZHENG, K., YANG, X., CHEN, R. a L. XU, *Application of a capillary crystalline material to enhance cement grout for sealing tunnel leakage*, Construction and Building Materials, vol. 214, pp. 497-505, 2019.
- [50] GARCÍA-VERA, V. E., TENZA-ABRIL, A. J., SAVAL, J. M. a M. LANZÓN, *Influence of crystalline admixtures on the short-term behaviour of mortars exposed to sulphuric acid*, Materials, vol. 12, no. 1, Article ID 82, 2018.



- [51] ŽIŽKOVÁ, N., NEVŘIVOVÁ, L., LÉDL, M. a S. KEPRDOVÁ, *Mortars with crystalline additive in aggressive environments*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 385, no. 1, Article ID 012066, 2018.
- [52] ŽIŽKOVÁ, N., NEVŘIVOVÁ, L. a M. LÉDL, *Effect of humidity on the properties of cement mortars with a crystalline additive*, Solid State Phenomena, vol. 276 SSP, pp. 53-59, 2018.
- [53] TROTMAN, Peter. *Rising damp in walls - diagnosis and treatment*. 1. BRE Electronic Publications, 2007. ISBN 978-1-84806-012-8.
- [54] ANTON, Ondřej, Vendula BLAŽKOVÁ a Leonard HOBST. *Měření vlhkosti v praxi soudního inženýra* [online]. In: . Brno, 2005, 2005, 175 - 178 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf>
- [55] PIAIA, Julio Cesar Zanchet, et al. *Measurements of water penetration and leakage in masonry wall: Experimental results and numerical simulation*. Building and Environment, 2013, 61: 18-26.
- [56] FRANZONI, Elisa; SANDROLINI, Franco; BANDINI, Simone. *An experimental fixture for continuous monitoring of electrical effects in moist masonry walls*. Construction and Building materials, 2011, 25.4: 2023-2029.
- [57] Xypex Crystalline Technology. *Xypex: Concrete Waterproofing by Crystallization* [online]. Richmond [cit. 2018-11-11]. Dostupné z: <https://www.xypex.com/products/crystalline-technology>
- [58] ŽÁK, J.; ŠTEMBERK, P.; VODIČKA, J. *Production of a textile reinforced concrete protective layers with non-woven polypropylene fabric*. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2017. p. 012054. sv. 246. ISSN 1757-899X.
- [59] ŽÁK, J. a ŠTEMBERK, P. *Experimental Investigation of Tensile Behavior of Textile Reinforced Concrete with Nonwoven Polypropylene Fabric*. In: Mechanika 2017 Proceedings of the 22st International Scientific Conference. Mechanika 2017. Kaunas, 19. 05. 2017. Kaunas: Kauno technologijos universitetas. 2017, s. 399-401. ISSN 1822-2951.
- [60] HEGGER, J., et al. *Load-bearing behaviour and simulation of textile reinforced concrete*. Materials and structures, 2006, 39.8: 765-776.





## 6. Seznam vlastních publikací

ŽÁKOVÁ, H., J. PAZDERKA a P. REITERMAN. *Textile Reinforced Concrete in Combination with Improved Self-Healing Ability Caused by Crystalline Admixture*. Materials (IF 3,057). 2020, 13(24), ISSN 1996-1944. DOI 10.3390/ma13245787, Scopus: 2-s2.0-85098258869, WoS: 000602833600001

ŽÁKOVÁ, H. a J. ŽÁK. *Using of TRC for Research of Crack Evolution and the Effect of Autogenous Healing*. In: BÍLÝ, P. et al., eds. *Fibre Concrete 2019*. Praha, 2019-09-17/2019-09-20. Bristol: IOP Publishing Ltd, 2019. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. sv. 596. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757899X/596/1/012045, Scopus: 2-s2.0-85072091551

PAZDERKA, J., M. NÝVLT a H. ŽÁKOVÁ. *Underground ventilated wall based on TRC blocks*. In: BÍLÝ, P. et al., eds. *Fibre Concrete 2019*. Praha, 2019-09-17/2019-09-20. Bristol: IOP Publishing Ltd, 2019. s. 1-6. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. sv. 596. ISSN 1757-899X. DOI 10.1088/1757899X/596/1/012037, Scopus: 2-s2.0-85072088106, WoS: 000562021200035

PAZDERKA, J. et al. *Internal Ventilated Plinth as One of the Possible Solution for Moist Buildings*. In: SOJKOVÁ, K. et al., eds. *Central Europe towards Sustainable Building (CESB19)*. Central Europe towards Sustainable Building 2019, Praha, 2019-07-02/2019-07-04. Bristol: IOP Publishing Ltd, 2019. IOP Conference Series. ISSN 1755-1307. DOI 10.1088/1755-1315/290/1/012135, Scopus: 2-s2.0-85068773184

ŽÁKOVÁ, H. et al. *Effect of Bacteria Bacillus pseudofirmus and Fungus Trichoderma reesei on Self-healing Ability of Concrete*. In: RÁCOVÁ, Z. a P. RYPAROVÁ, eds. *CONTEMPORARY MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN CIVIL ENGINEERING 2018*. Moderní materiály a technologie ve stavebnictví 2018, Praha, 2018-06-13. Praha: Czech Technical University in Prague, 2019. s. 42-45. Acta Polytechnica CTU Proceedings. sv. 21. ISSN 2336-5382. ISBN 978-80-01-06547-1. DOI 10.14311/APP.2019.21.0042, WoS: 000506864600010

ŽÁKOVÁ, H. et al. *Vliv bakterie Bacillus pseudofirmus a plísně Trichoderma reesei na samohojitelnost betonu*. In: RÁCOVÁ, Z. a M. SOKOLOVÁ, eds. *Sborník konference Moderní materiály a technologie ve stavebnictví 2018*. Moderní materiály a technologie ve stavebnictví 2018, Praha, 2018-06-13. Praha: ČVUT, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb, 2018. s. 5-6. ISBN 978-80-01-06485-6.

BOROVKOV, D. et al. *Betonová kánoi Stingray*. *BETON-technologie, konstrukce, sanace*. 2016, šestnáctý(2), 8-13. ISSN 1213-3116.







## 7. Seznam obrázků

Obr. 1: Průsak konstrukcí bílé vany – OC Quadrio, Praha (foto autorka) .....	1
Obr. 2: Vývoj uhlíčitanu vápenatého v médiu inokulovaném <i>Trichoderma reesei</i> – SEM analýza [24].....	5
Obr. 3: Třífázový rovnovážný diagram cementu a krystalizační přísady Xypex Admix C [25]	5
Obr. 4: Princip fungování krystalizačních nátěrů [26] .....	6
Obr. 5: Krystaly Xypex Admix C1000, Phenom XL Desktop SEM (autoři fotografií Pazderka J., Berka L.) .....	7
Obr. 6: Příklad odebraných vzorků pro měření vlhkosti gravimetrickou metodou (foto autorka) .....	9
Obr. 7: Kapacitní vlhkoměr Greisinger electronic GMK 100 (foto autorka).....	10
Obr. 8: Měřicí přístroj GREISINGER GMH 3810 (foto autorka) .....	10
Obr. 9: 3D model zkušebních těles.....	12
Obr. 10: Výroba zkušebních těles (foto autorka) .....	13
Obr. 11: Rozmístění otvorů pro měření vlhkosti ve zkušebních tělesech .....	14
Obr. 12: Zkušební tělesa napuštěná vodou (foto autorka).....	14
Obr. 13: Vývoj relativní vlhkosti ve stěnách zkušebního tělesa HS-01 .....	15
Obr. 14: Vývoj relativní vlhkosti ve stěnách zkušebního tělesa HS-02 .....	15
Obr. 15: Vývoj stavu hladiny během prvních pěti dnů po prvním napuštění HS-02 .....	16
Obr. 16: Vývoj stavu vodní hladiny tělesa HS-02 po dolévání vodou .....	16
Obr. 17: Příprava experimentu (foto autorka) .....	18
Obr. 18: <i>Bacillus pseudofirmus</i> (Olympus BX41, 1000x) (foto autorka).....	19
Obr. 19: Uchovávání zkušebních těles v roztocích (foto autorka) .....	19
Obr. 20: Vzorky v exsikátorech (foto autorka).....	20
Obr. 21: <i>Trichoderma reesei</i> (Olympus BX41, 100x) (foto autorka).....	20
Obr. 22: Harmonogram experimentu.....	21
Obr. 23: Spektrum média 253 s bakteriemi – inokulace exsikátorů.....	22
Obr. 24: Spektrum média 253 s bakteriemi použitého pro inokulaci vzorků v lahvích .....	22
Obr. 25: Růstové křivky .....	23
Obr. 26: Povrch zkušebních těles uchovávaných v médiu 253 (foto autorka).....	24
Obr. 27: Povrch zkušebního tělesa uloženého v médiu 253 s 2% roztokem $\text{CaCl}_2$ (foto autorka) .....	24
Obr. 28: Povrch zkušebního tělesa umístěného ve vodě (foto autorka) .....	25
Obr. 29: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka).....	25
Obr. 30: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka).....	25
Obr. 31: Spóry <i>Trichoderma reesei</i> použité pro výrobu inokulačního roztoku (Olympus BX41, 100x) (foto autorka).....	26
Obr. 32: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka).....	30
Obr. 33: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka).....	30
Obr. 34: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 26. 6. 2018 (foto autorka).....	31
Obr. 35: Zkušební tělesa umístěná v exsikátoru, foceno 9. 7. 2018 (foto autorka).....	31
Obr. 36: Konfigurace zkoušky nasákavosti zkušebních těles.....	32



Obr. 37: Ukázka časosběrných snímků z průběhu zkoušky nasákavosti (foto autorka).....	32
Obr. 38: Harmonogram experimentu .....	33
Obr. 39: Časová osa experimentu – fáze 1 .....	33
Obr. 40: Časová osa experimentu – fáze 2.....	33
Obr. 41: Příprava zkušebních těles (foto autorka) .....	34
Obr. 42: Vývoj umístění zkušebních těles s trhlinami (foto autorka).....	35
Obr. 43: Průsak zkušebními tělesy při provádění zkoušky (foto autorka).....	35
Obr. 44: Odběr vzorků pro prvkovou analýzu (foto autorka).....	36
Obr. 45: Prvková analýza výkvetu.....	36
Obr. 46: Fotografie krystalu Xypex pořízená elektronovým mikroskopem Phenom XL Desktop SEM (foto Reiterman P.).....	37
Obr. 47: Uložení zkušebních těles v nádržích se stabilní hladinou vody (foto autorka) .....	37
Obr. 48: Výkvet v trhlině krychle, série No.2 (foto autorka) .....	38
Obr. 49: Harmonogram experimentu .....	39
Obr. 50: Schéma řezu zkušebním tělesem .....	39
Obr. 51: Mikrotrhliny ve zkušebním tělesem (foto autorka) .....	39
Obr. 52: Zkušební tělesa – porovnání možností (foto autorka) .....	40
Obr. 53: Měřicí přístroj založený na platformě Arduino UNO.....	41
Obr. 54: Měření pomocí DigiMicro Profi II (foto autorka) .....	41
Obr. 55: Porovnání výstupu z programu Fáze pro dvě fotografie stejného místa zkušebního tělesa na začátku a na konci experimentu.....	42
Obr. 56: Vývoj plochy trhliny zkušebního tělesa XII01 .....	43
Obr. 57: Ošetřování zkušebních těles ve formě (foto autorka).....	44
Obr. 58: Vývoj teplot v různých prostředích .....	45
Obr. 59: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 30°C.....	46
Obr. 60: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 24°C.....	46
Obr. 61: Vývoj vlhkosti v prostředí s teplotou pohybující se okolo 5°C.....	46
Obr. 62: Vývoj plochy trhlín u těles s přísadou Xypex .....	51
Obr. 63: Vývoj plochy trhlín u referenčních těles .....	51
Obr. 64: Výroba a ošetřování zkušebních těles (foto autorka) .....	52
Obr. 65: Prostředí umístění zkušebních těles (foto autorka).....	54
Obr. 66: Harmonogram první části fáze 2.....	55
Obr. 67: Teplota okolního prostředí v průběhu experimentu.....	56
Obr. 68: Vlhkost okolního prostředí v průběhu experimentu .....	56
Obr. 69: Vývoj trhlín zkušebních těles s přísadou Xypex .....	57
Obr. 70: Vývoj trhlín v referenčních zkušebních těleších.....	57
Obr. 71: Vybrané snímky z optického stolního mikroskopu, zvětšení 50x (foto Reiterman P.) .....	61
Obr. 72: Vybrané snímky z optického mikroskopu, zvětšení 230x (foto Reiterman P.).....	61
Obr. 73: Průběh teploty a relativní vlhkosti vzduchu – průměrní denní hodnoty.....	62
Obr. 74: Vývoj plochy trhlín ve zkušebních těleších s přísadou Xypex .....	63
Obr. 75: Vývoj plochy trhlín v referenčních zkušebních těleších.....	64
Obr. 76: Betonáž zkušebních těles (foto autorka).....	65



---

Obr. 77: Průběh teploty v okolním prostředí – fáze 3 .....	66
Obr. 78: Průběh vlhkosti okolního prostředí – fáze 3 .....	66
Obr. 79: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech.....	71
Obr. 80: Betonáž zkušebních těles – fáze 4 (foto autorka).....	73
Obr. 81: Průběh teploty a relativní vzdušné vlhkosti v průběhu experimentu – průměrné denní teploty.....	73
Obr. 82: Mikroskopická fotografie výkvětu na zkušebních tělesech (foto autorka) .....	74
Obr. 83: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech.....	76







## 8. Seznam tabulek

Tab. 1: Vlhkost zdiva dle ČSN P 73 0610 [1] .....	8
Tab. 2: Složení použitého betonu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] .....	13
Tab. 3: Směs použitá pro výrobu zkušebních těles .....	17
Tab. 4: Růstové křivky .....	23
Tab. 5: Složení betonové směsi pro výrobu zkušebních těles [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] .....	34
Tab. 6: Zkouška nasákavosti neporušených zkušebních těles No. 1 .....	36
Tab. 7: Záznam ze zkoušky pevnosti v tlaku u 3 zkušebních těles série No.2.....	37
Tab. 8: Srovnání pozitiv a negativ krychlových zkušebních těles a těles z TRC v souvislosti s prováděným experimentem analýzy aktivace krystalizační přísady .....	40
Tab. 9: Okrajové podmínky experimentu.....	44
Tab. 10: Vývoj trhlin v závislosti na teplotě a vlhkost po 28 dnech .....	45
Tab. 11: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou $30^\circ\text{C}$ .....	47
Tab. 12: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou $24^\circ\text{C}$ .....	48
Tab. 13: Vývoj trhlin v prostředí s teplotou $5^\circ\text{C}$ .....	49
Tab. 14: Procentuální vývoj plochy trhlin .....	50
Tab. 15: Procentuální vývoj plochy trhlin po ukončení experimentu .....	51
Tab. 16: Ukázka pořízených snímků zkušebních těles.....	53
Tab. 17: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech v průběhu první části experimentu.....	58
Tab. 18: Porovnání vývoje trhlin vybraných těles s přísadou Xypex.....	59
Tab. 19: Porovnání vývoje trhlin vybraných referenčních těles.....	60
Tab. 20: Ukázka vývoje trhlin u zkušebních těles s přísadou Xypex.....	62
Tab. 21: Vývoj trhlin u referenčních zkušebních těles.....	63
Tab. 22: Vývoj plochy trhlin ve zkušebních tělesech v průběhu druhé části experimentu .....	64
Tab. 23: Složení cementové matrice zkušebních těles s cementem CEM I .....	65
Tab. 24: Složení cementové matrice zkušebních těles s cementem CEM II.....	65
Tab. 25: Vývoj trhlin u těles s přísadou Xypex Admix a cementem CEM I.....	67
Tab. 26: Vývoj trhlin u těles s přísadou Xypex Admix a cementem CEM II .....	68
Tab. 27: Vývoj trhlin u referenčních těles s cementem CEM I.....	69
Tab. 28: Vývoj trhlin u referenčních těles s cementem CEM II.....	70
Tab. 29: Vývoj plochy trhlin v čase – výstup z programu Fáze.....	71
Tab. 30: Složení zkušebních těles s přísadou Xypex (pro oba typy cementu CEM I i CEM II) .....	72
Tab. 31: Složení zkušebních těles s přísadou MaseterLife (pro oba typy cementu CEM I i CEM II) .....	72
Tab. 32: Složení zkušebních těles s přísadou BETOCRETE (pro oba typy cementu CEM I i CEM II) .....	72
Tab. 33: Referenční zkušební tělesa .....	74
Tab. 34: Zkušební tělesa s přísadou Xypex.....	74
Tab. 35: Zkušební tělesa s přísadou MasterLife.....	75
Tab. 36: Zkušební tělesa s přísadou BETOCRETE .....	75
Tab. 37: Vývoj plochy trhlin v čase – část a .....	76



---

Tab. 38: Vývoj plochy trhlin v čase – část b..... 77



## 9. Seznam použitých zkratk a symbolů

Symbol	Jednotka	Popis
$W_{\dot{u}}$	%	Stupeň
$F_1$	%	Hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu před provedením sanace
$F_2$	%	Hmotnostní obsah vlhkosti ve zdivu za dva roky po skončení sanace
$W_r$	%	Rovnovážná vlhkost zemní vlhkostní nenamáhaného zdiva v teplotních a vlhkostních podmínkách cca 5°C a 85% relativní vlhkost okolního prostředí
ČSN		Česká státní norma
TZB		Technická zařízení budov
PVC-P		Měkčený polyvinylchlorid
SEM		Rastrovací elektronový mikroskop
C-S-H		Hydrát křemičitanu vápenatého
$Ca(OH)_2$		Hydroxid vápenatý
$3Ca \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$		Afwilit
$3CaO \cdot Al_2O_3$		Trikalciumaluminát
w	%	Relativní vlhkost materiálu
$m_v$	g	Hmotnost vlhkého stavebního materiálu
$m_s$	g	Hmotnost vysušeného stavebního materiálu
$CaC_2$		Karbid vápenatý
$H_2O$		Voda
$C_2H_2$		Acetylen
CEM		cement
C 25/30		Beton pevnostní třídy 25/30
pH	-	Vodíkový exponent
$CaCl_2$		Chlorid vápenatý
TRC		Textilií vyztužený beton
A	%	Plocha trhlin
$A_{\text{prvotní}}$	-	Počáteční hodnota plochy trhlin po ukončení ošetřování
$A_i$	-	Hodnota plochy trhlin v průběhu měření
T	°C	Teplota







# **Příloha A: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 1**

---



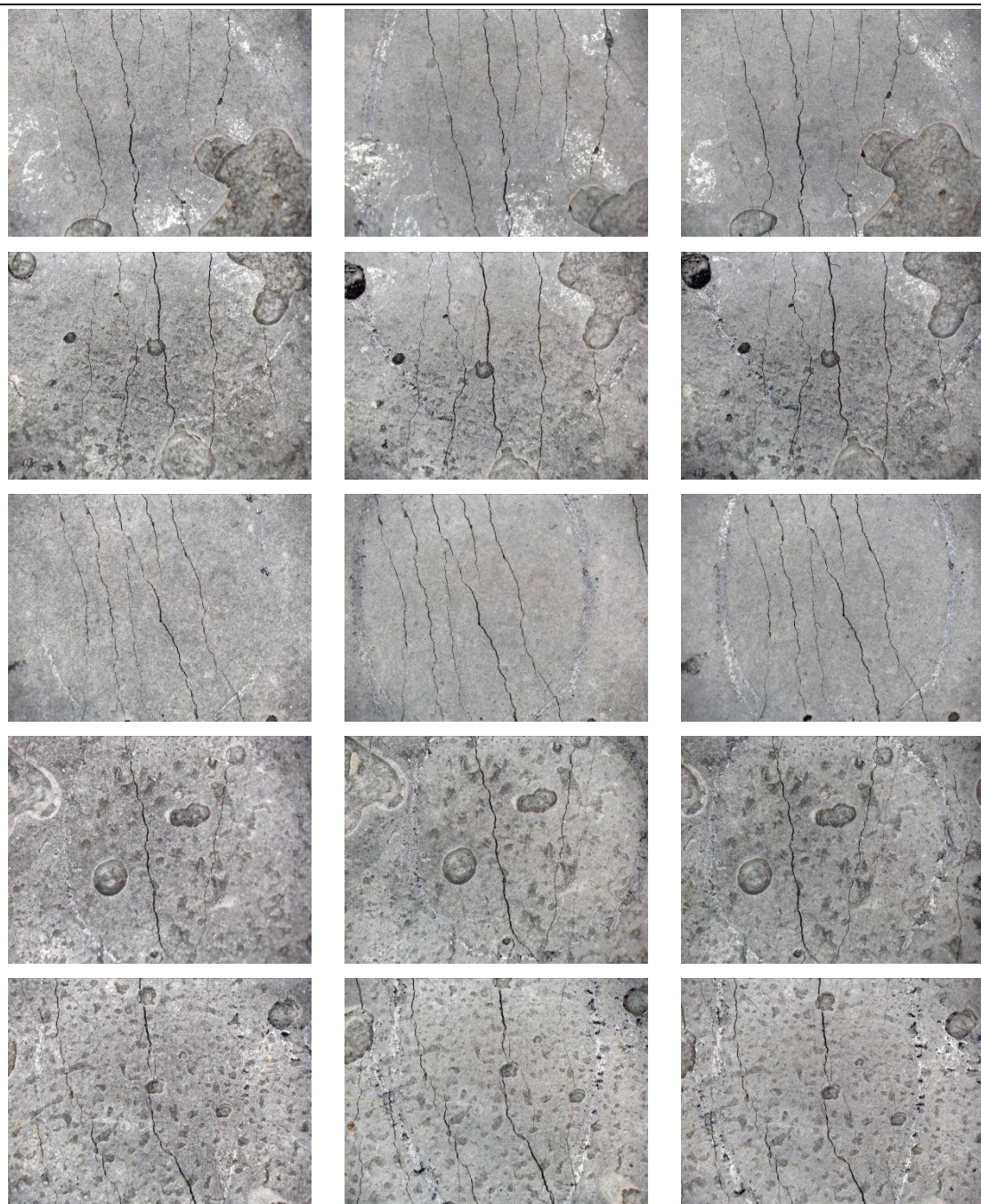
Teplota 30°C s normální relativní vlhkostí vzduchu pohybující se v rozmezí 45 – 80 %

Zkušební tělesa s přísadou Xypex

0 dní

14 dní

28 dní

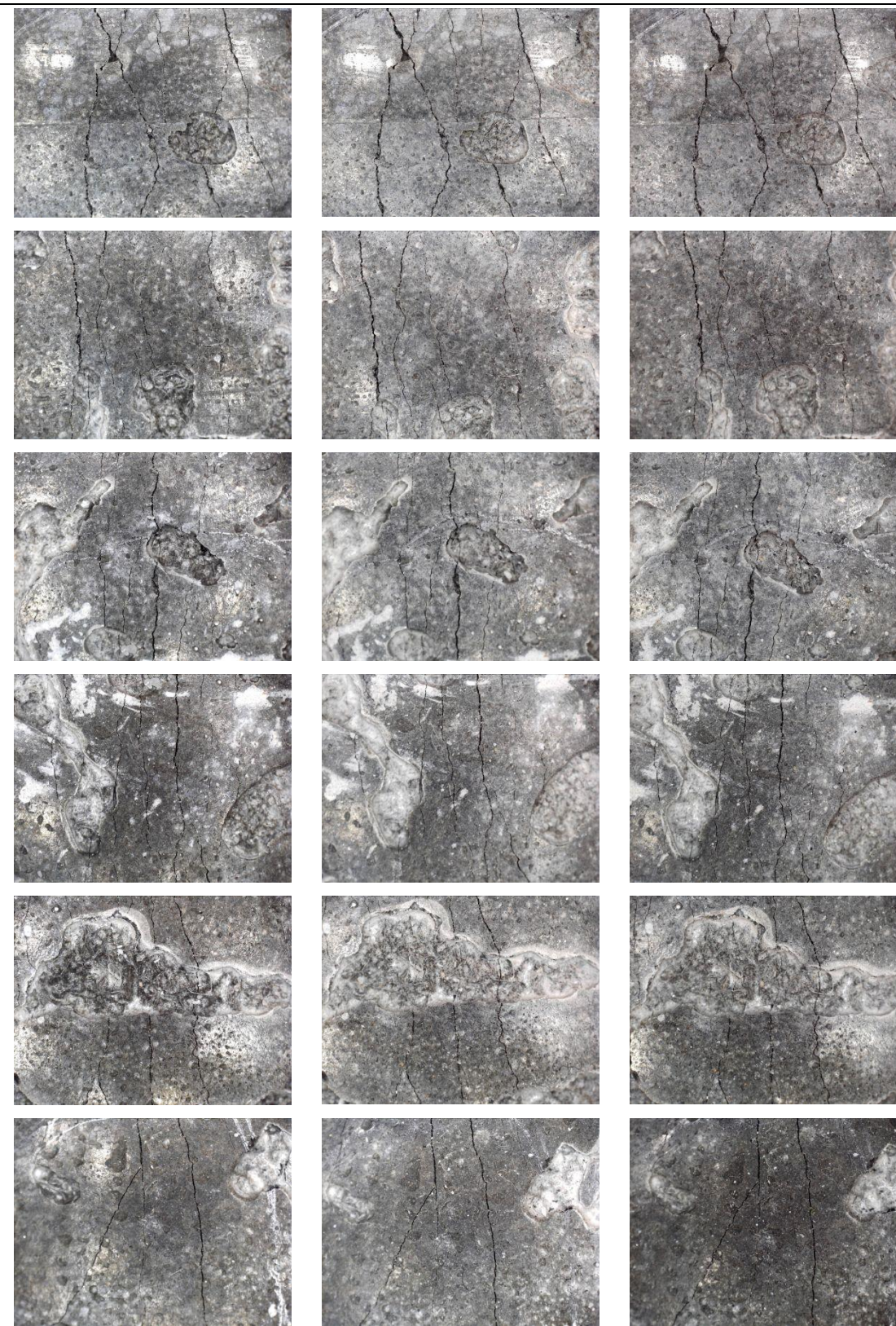


Referenční zkušební tělesa

0 dní

14 dní

28 dní





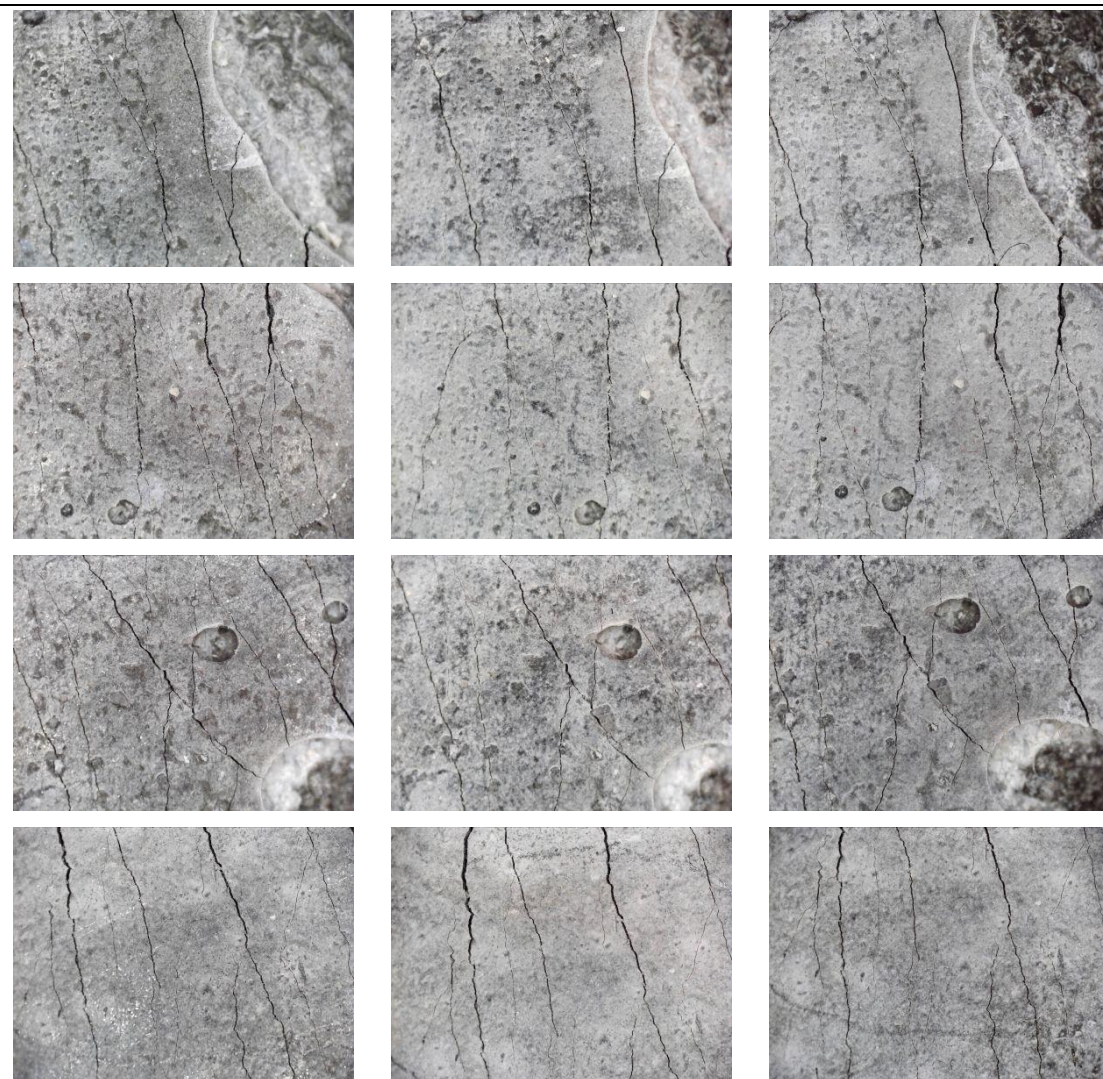
Teplota 30°C s relativní vlhkostí vzduchu 100 %

Zkušební tělesa s přísadou Xypex

0 dní

14 dní

28 dní

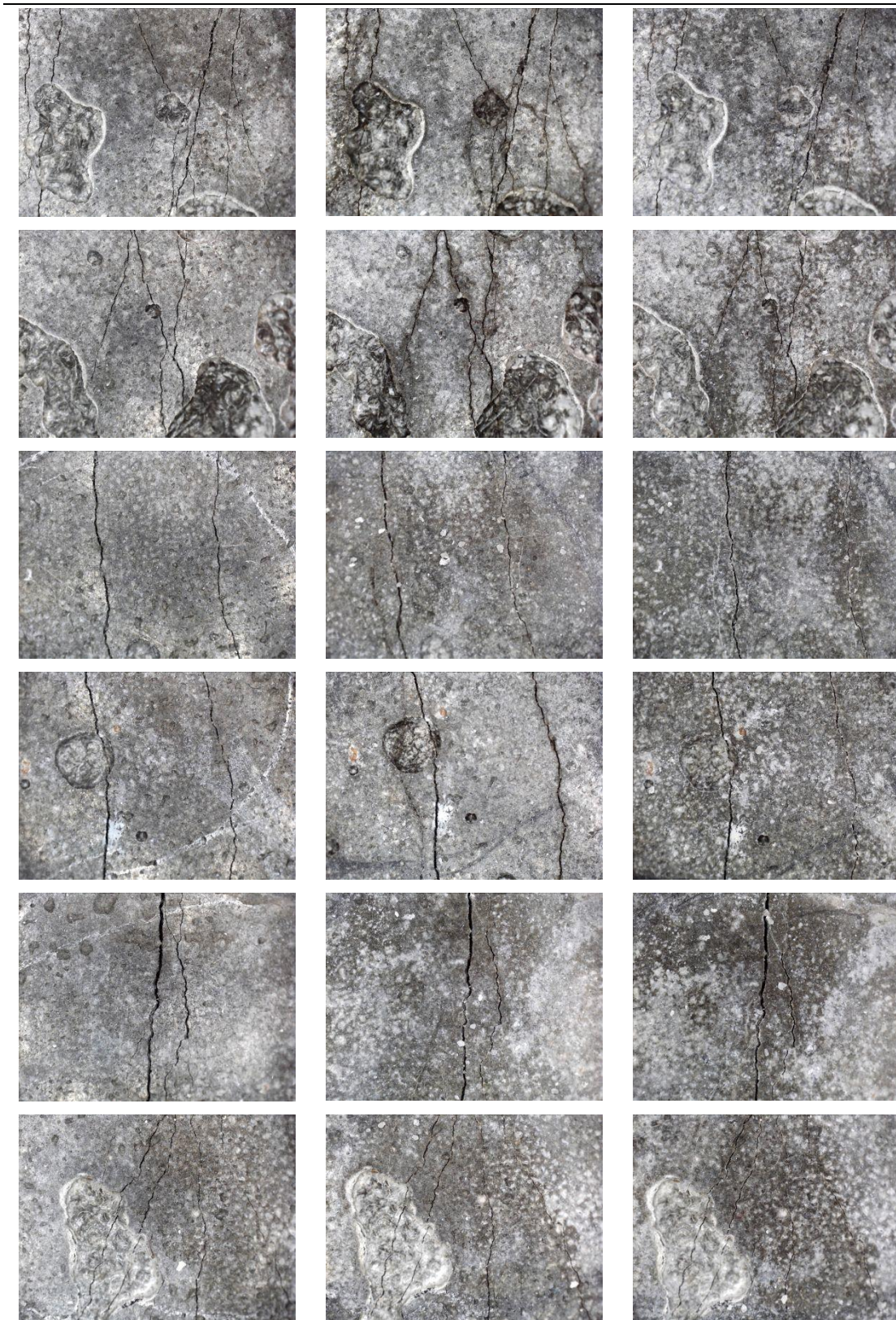


Referenční zkušební tělesa

0 dní

14 dní

28 dní





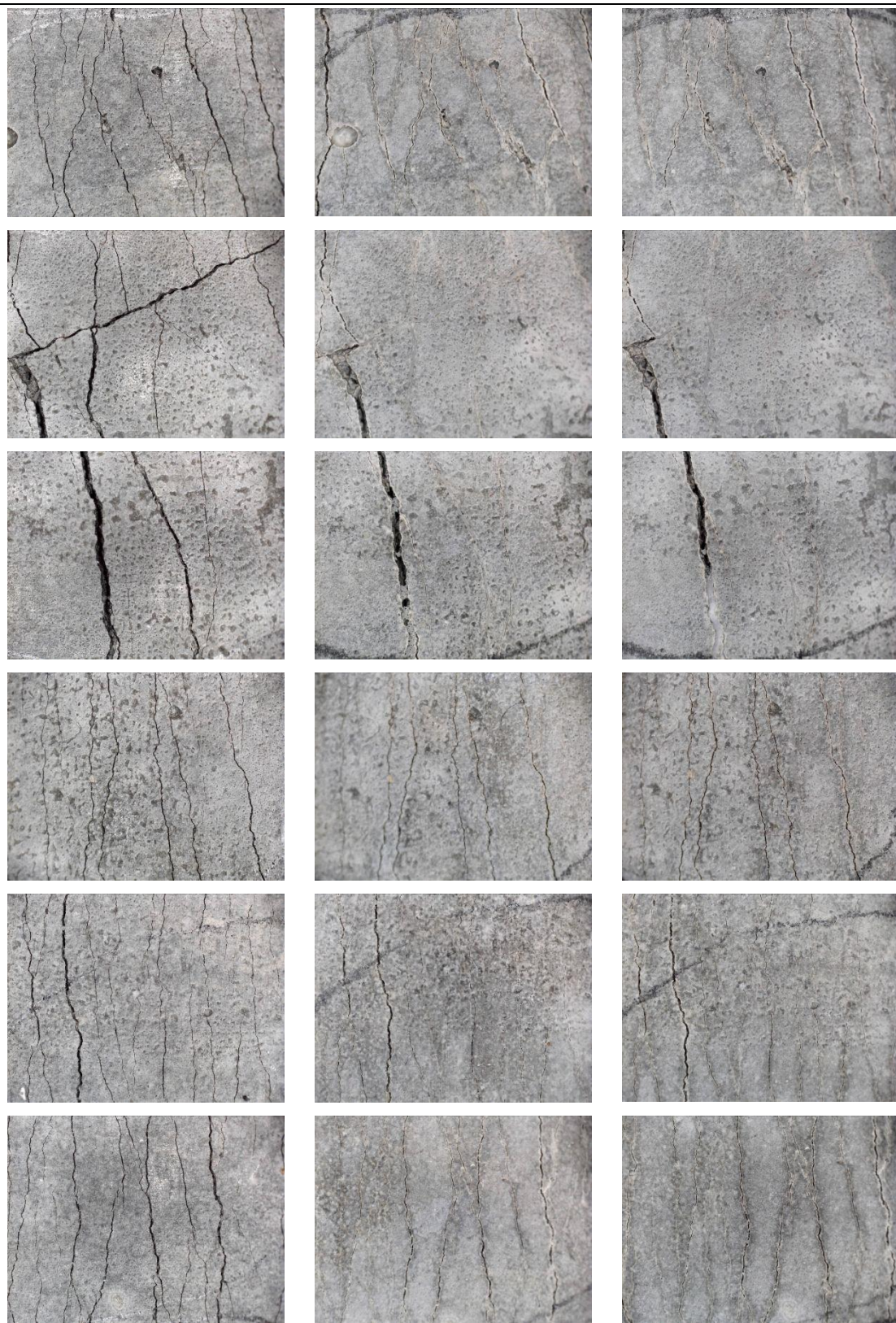
Teplota 30°C, zkušební těleso v přímém styku s vodou jedním povrchem

Zkušební tělesa s přísadou Xypex

0 dní

14 dní

28 dní

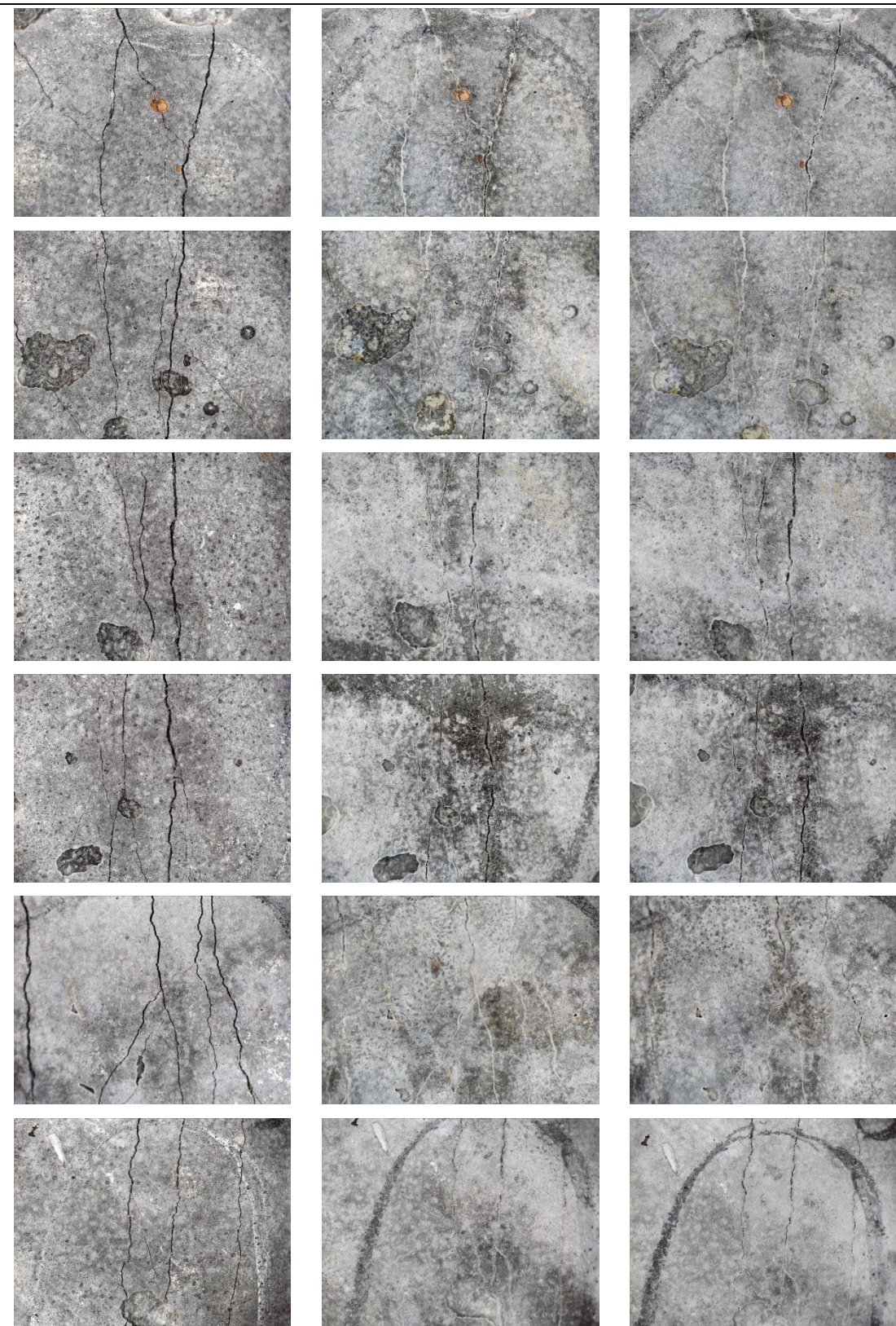


Referenční zkušební tělesa

0 dní

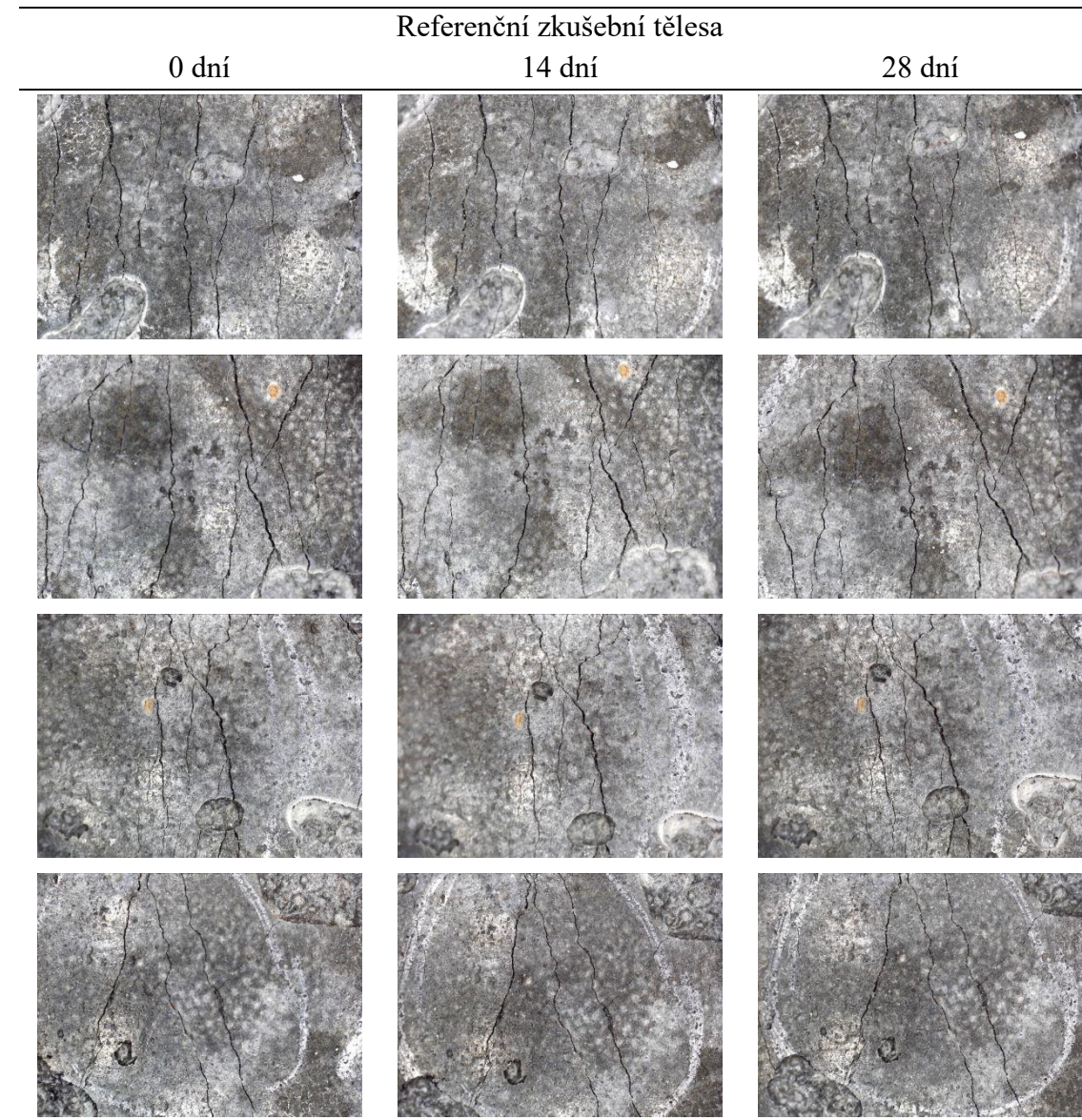
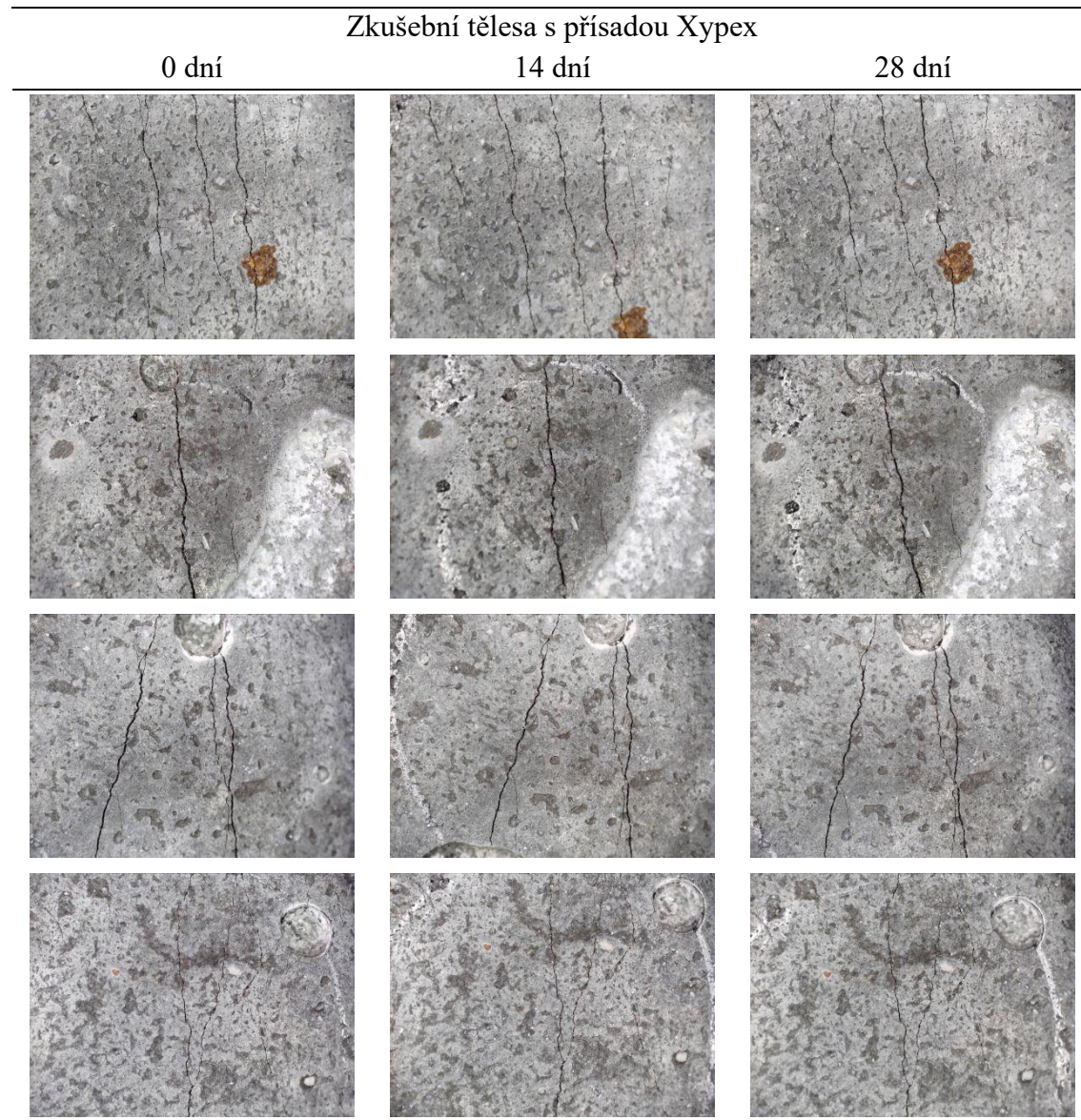
14 dní

28 dní





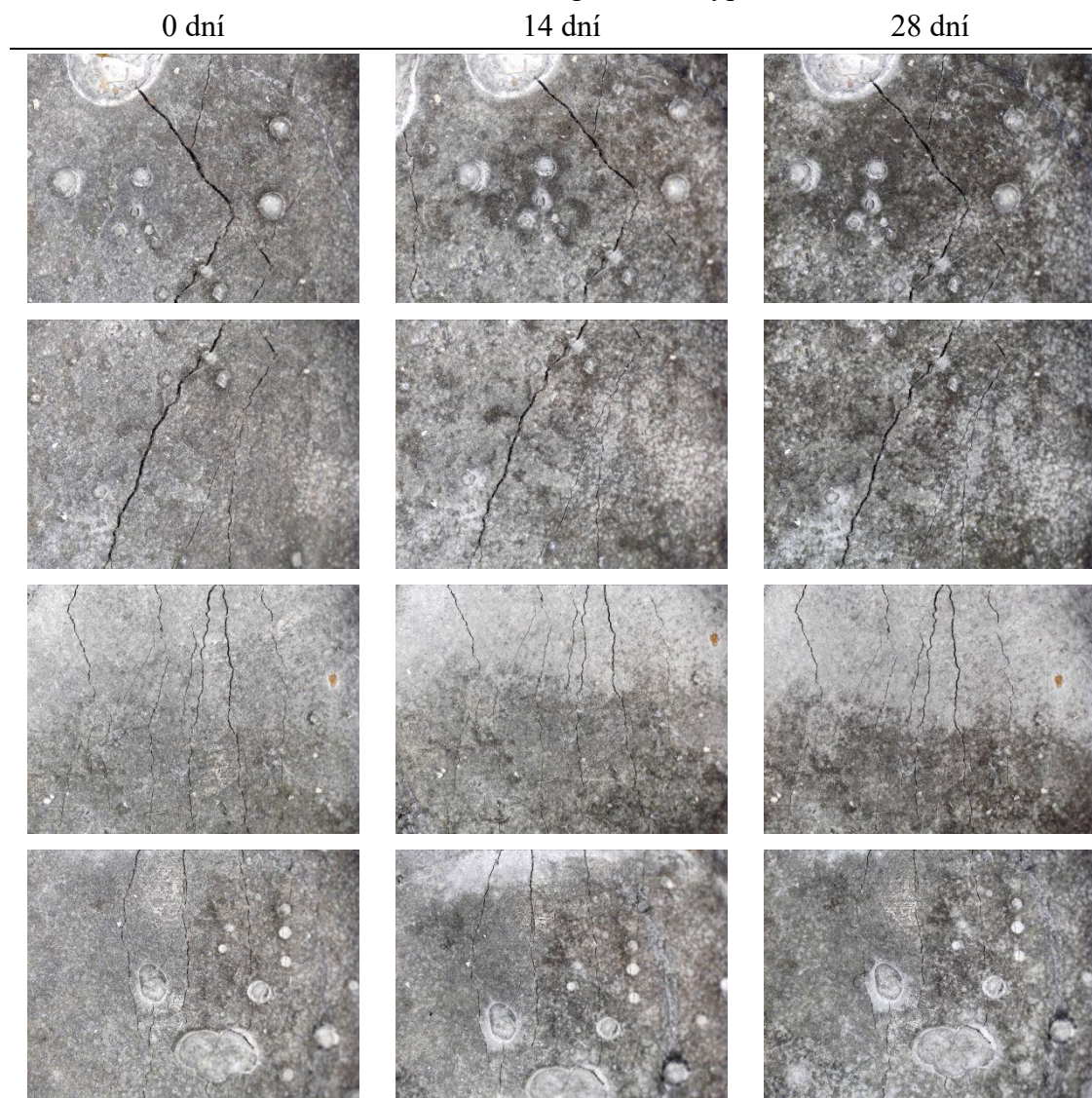
Teplota 24°C s normální relativní vlhkostí vzduchu pohybující se v rozmezí 20 – 45 %



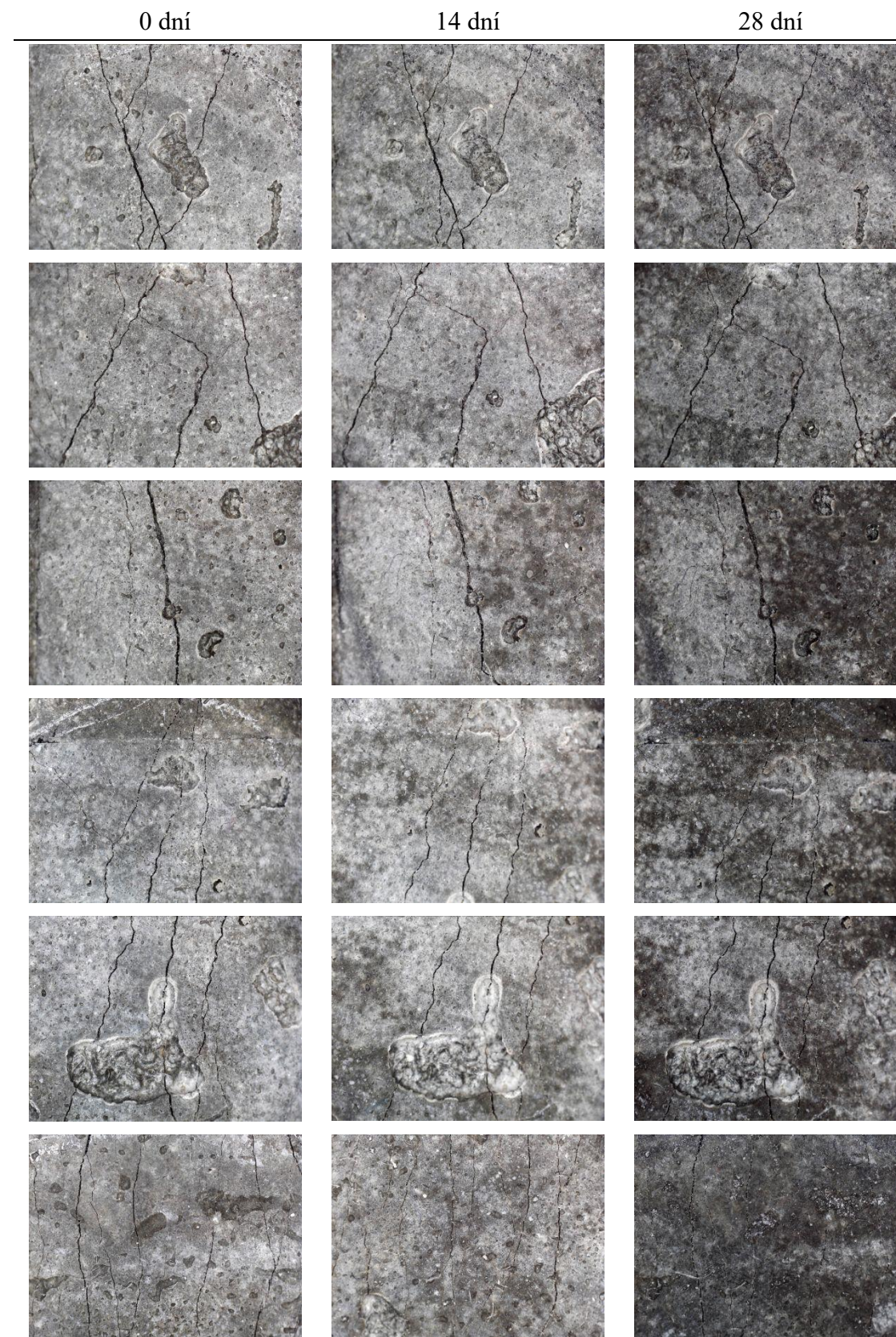


Teplota 24°C s relativní vlhkostí vzduchu 100 %

Zkušební tělesa s přísadou Xypex

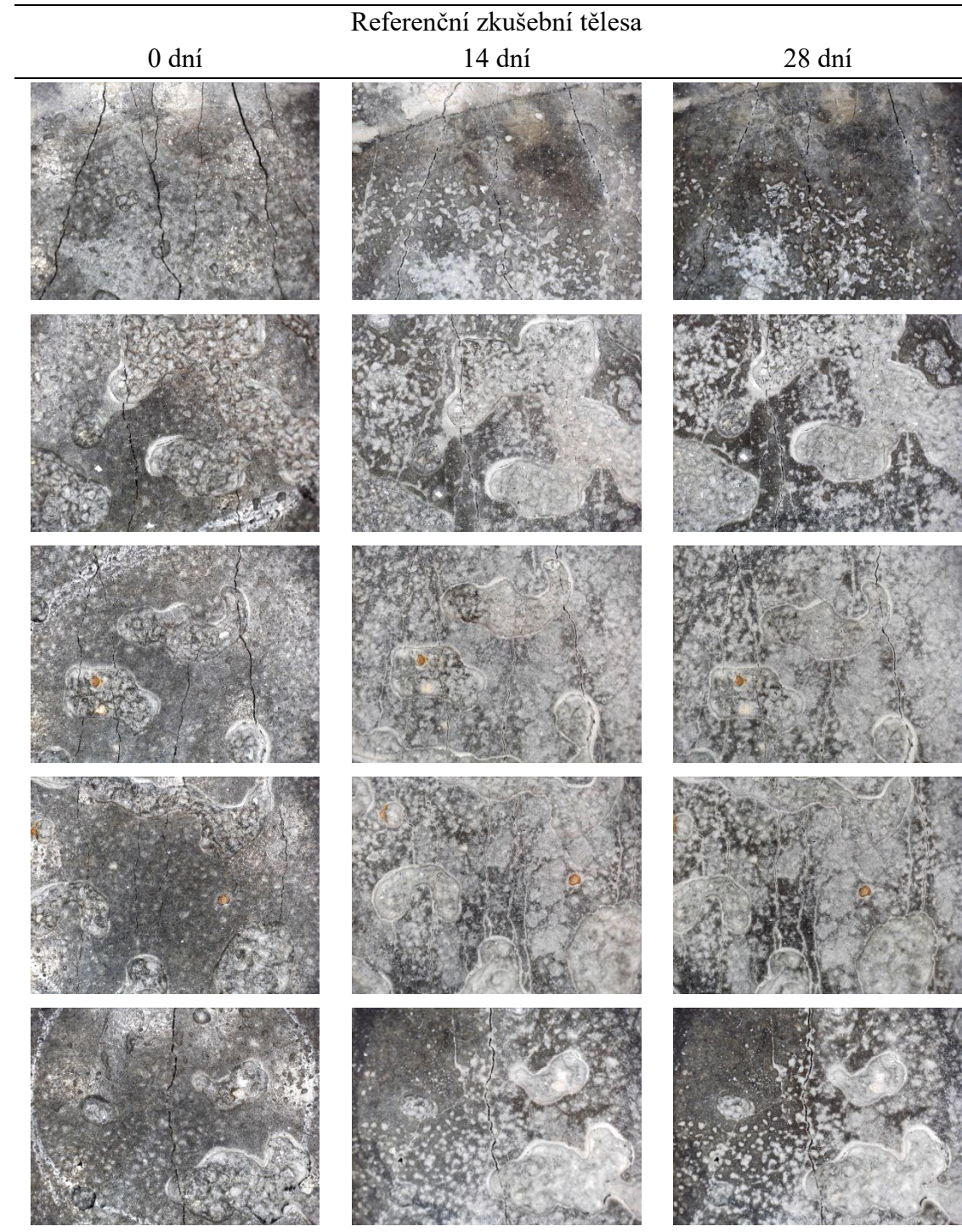
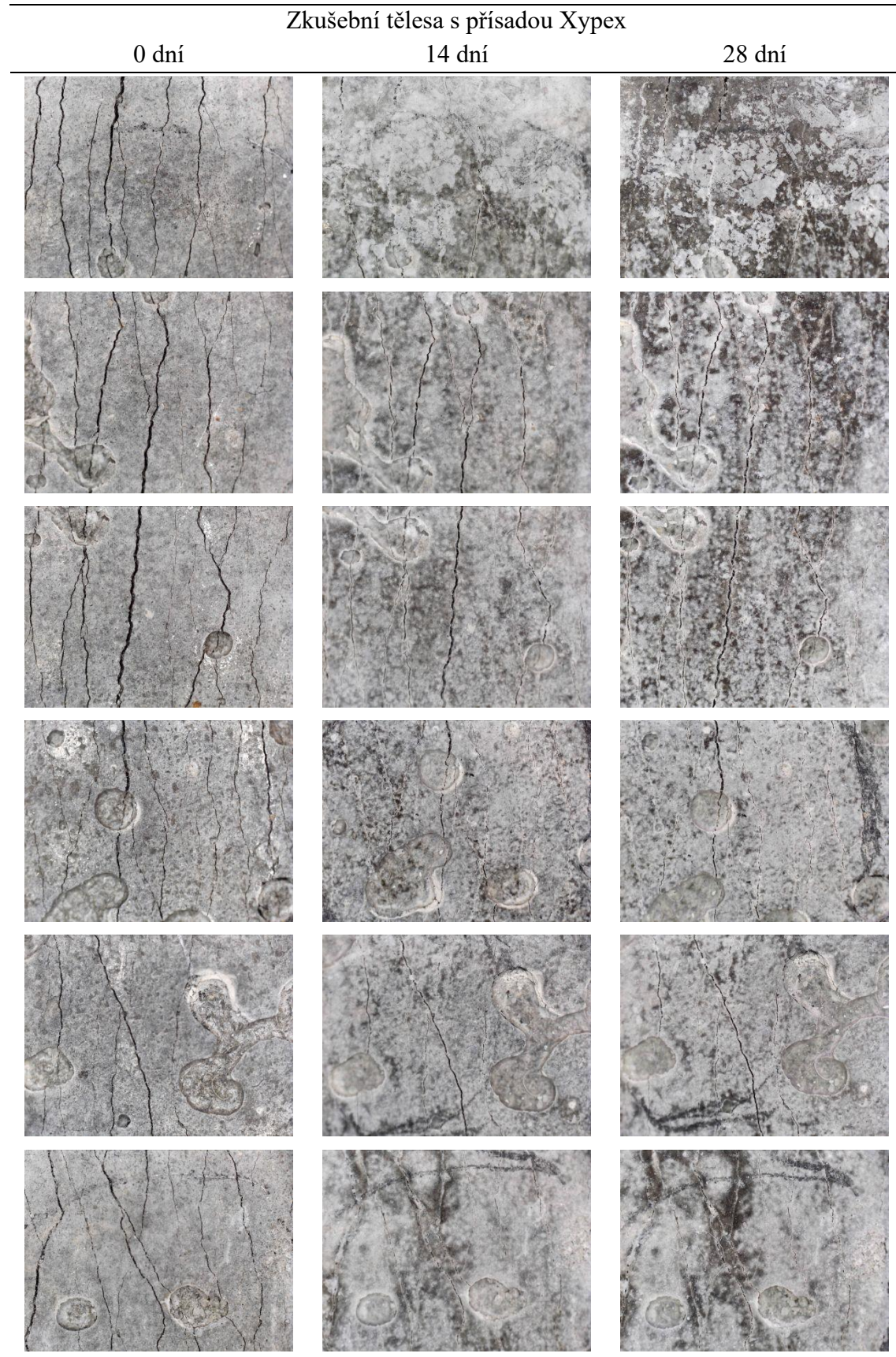


Referenční zkušební tělesa





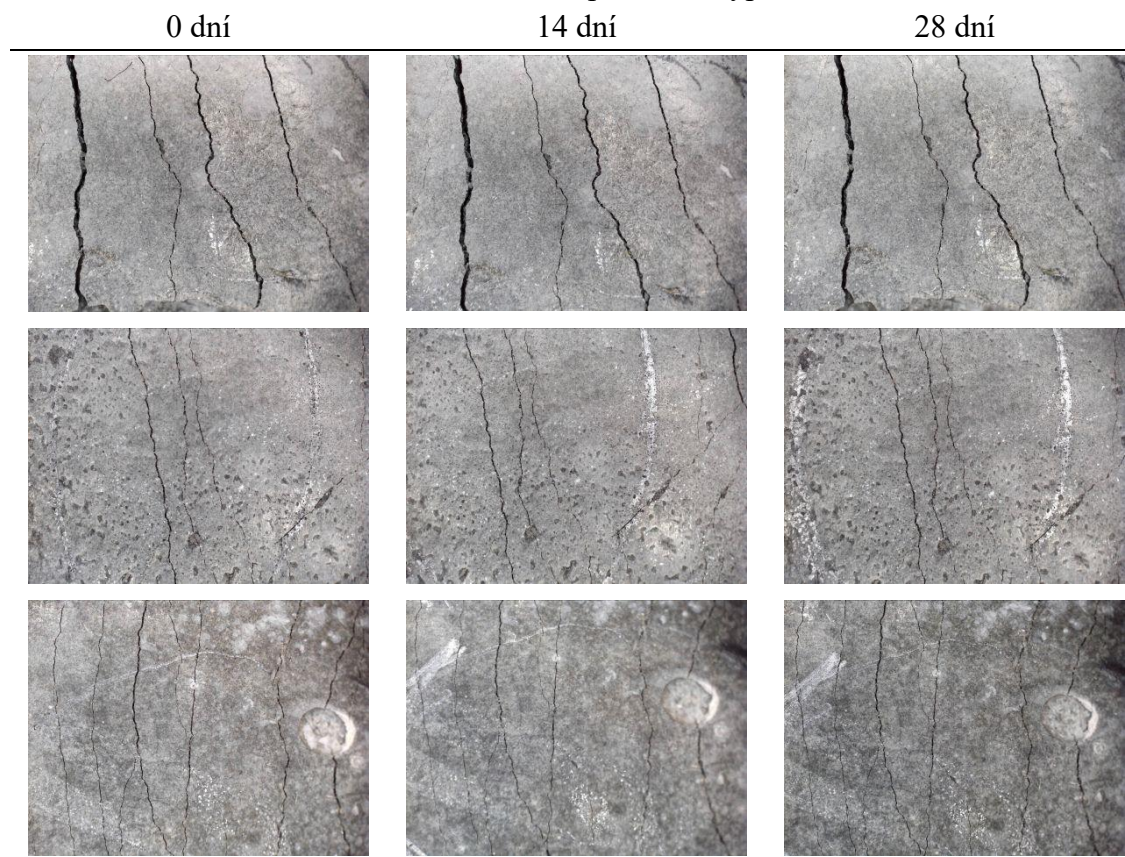
Teplota 24°C, zkušební těleso v přímém styku s vodou jedním povrchem



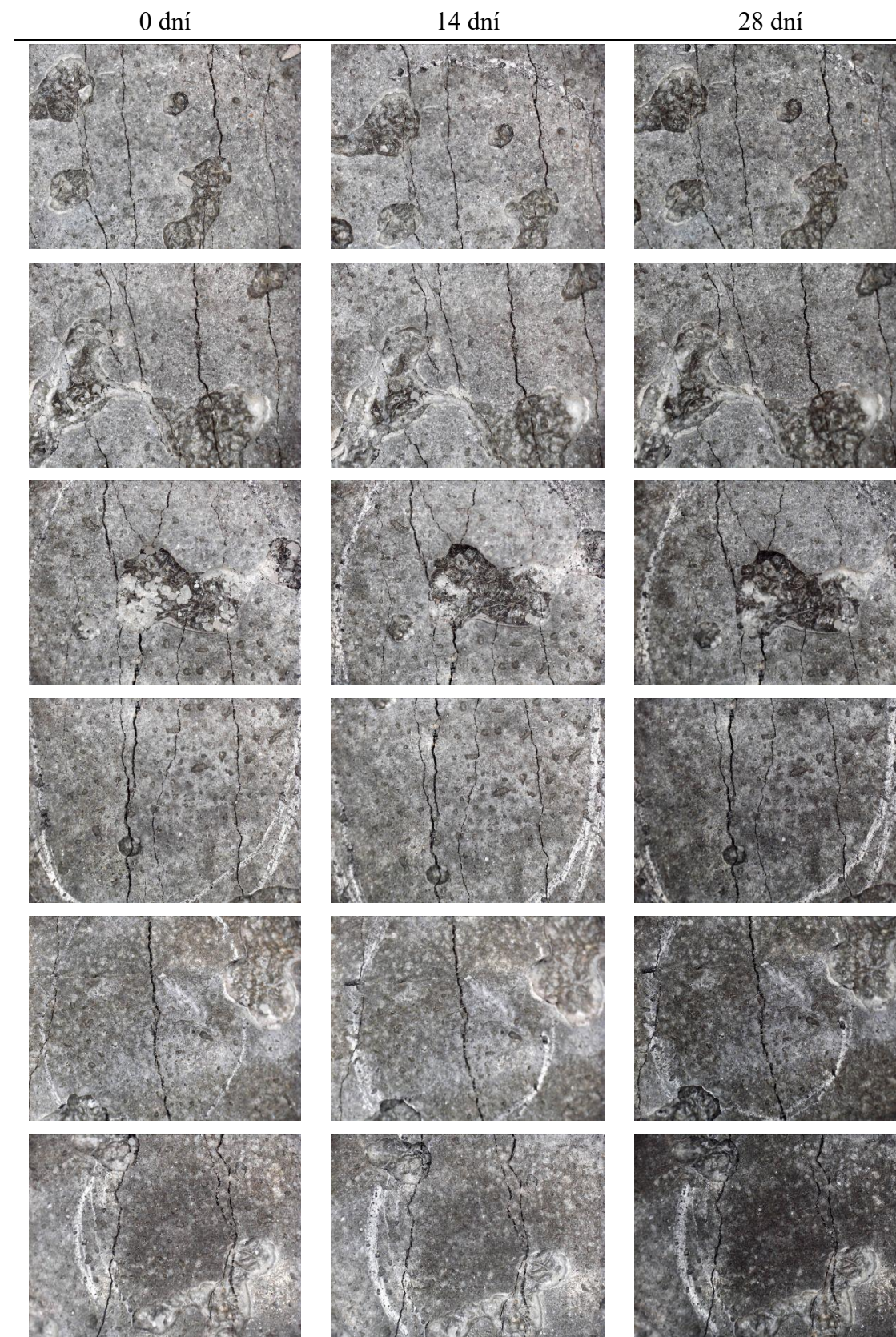


Teplota 5°C s relativní vlhkostí vzduchu pohybující se v rozmezí 40 – 65 %

Zkušební tělesa s přísadou Xypex

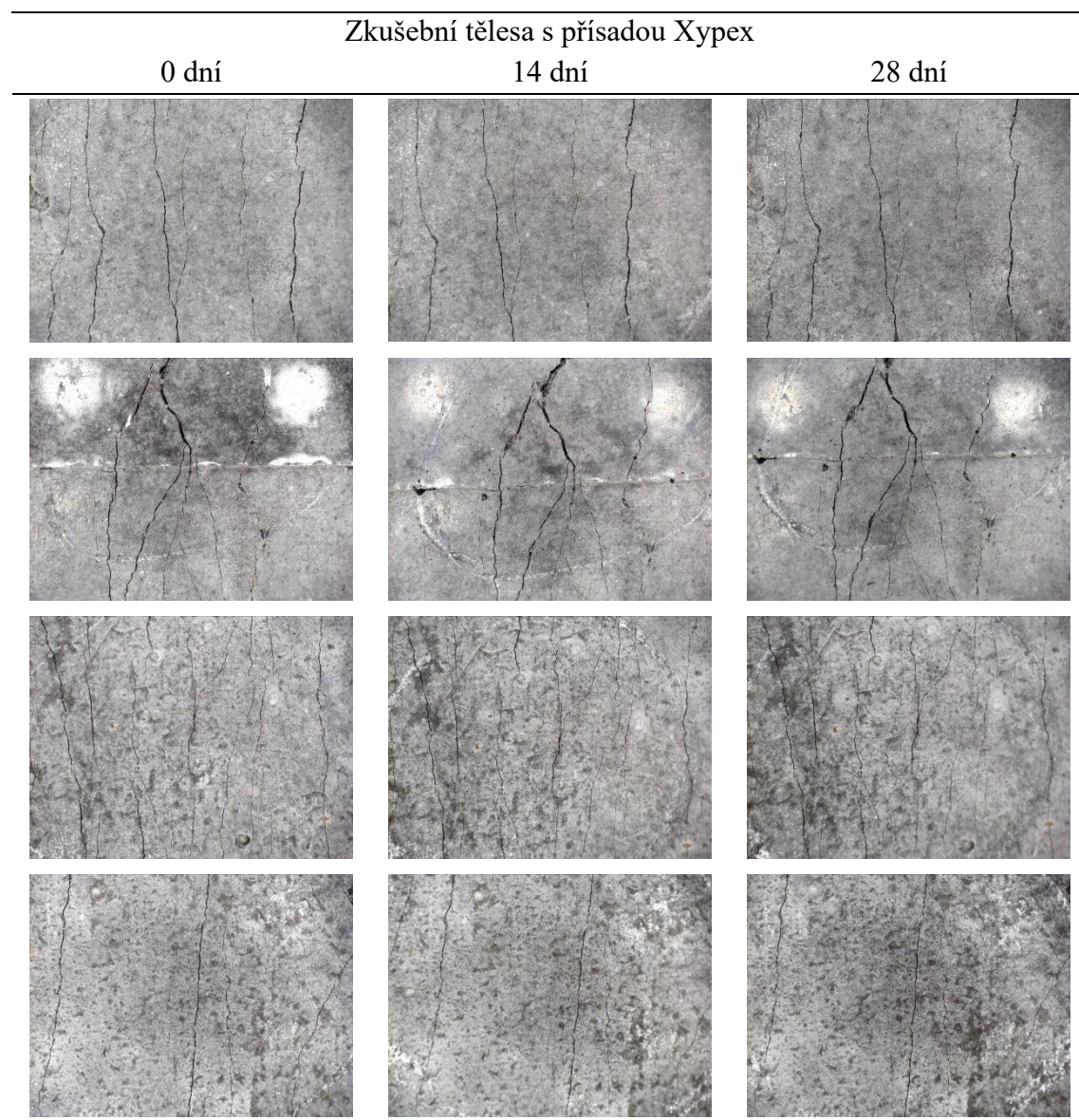


Referenční zkušební tělesa



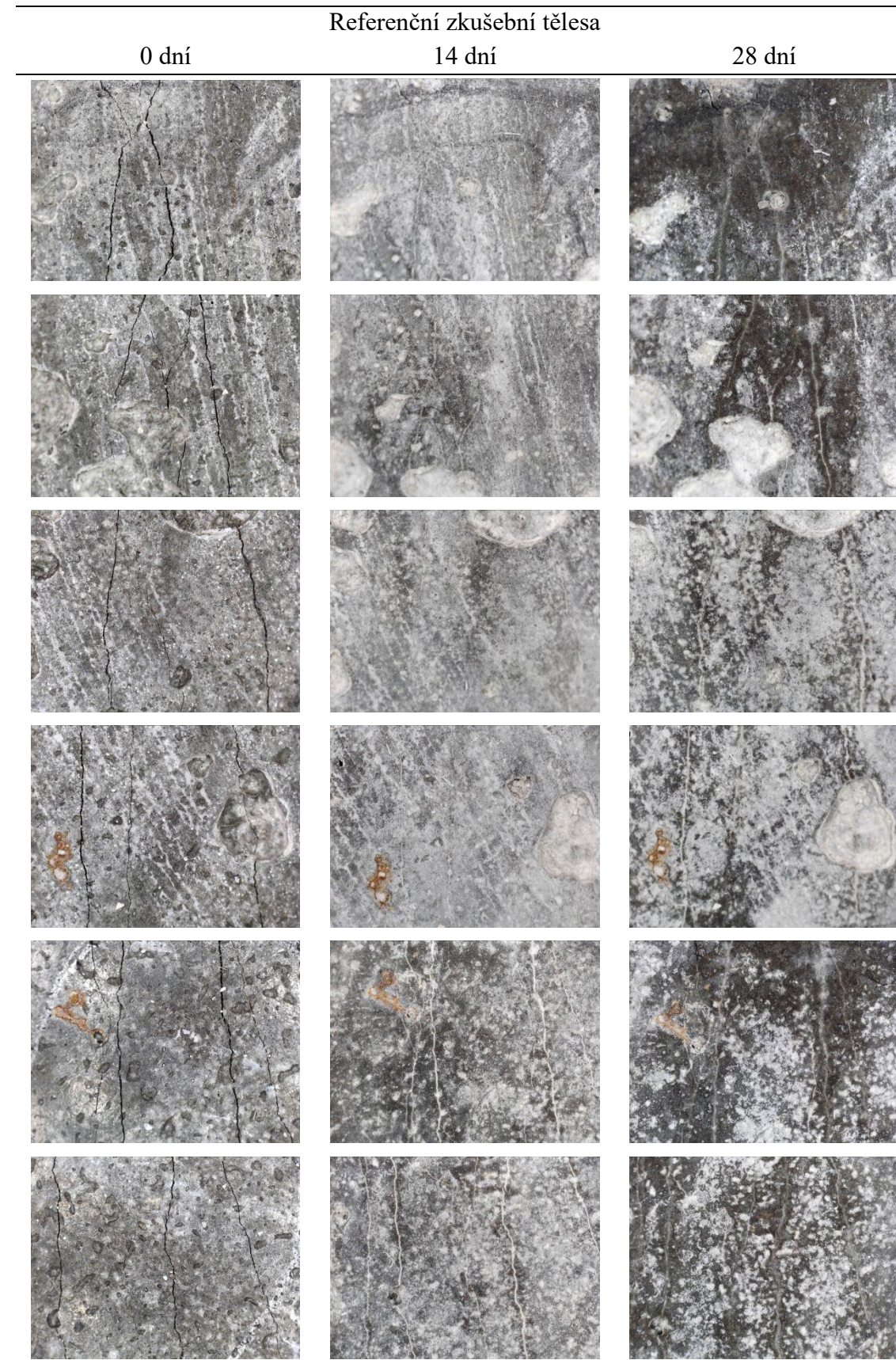
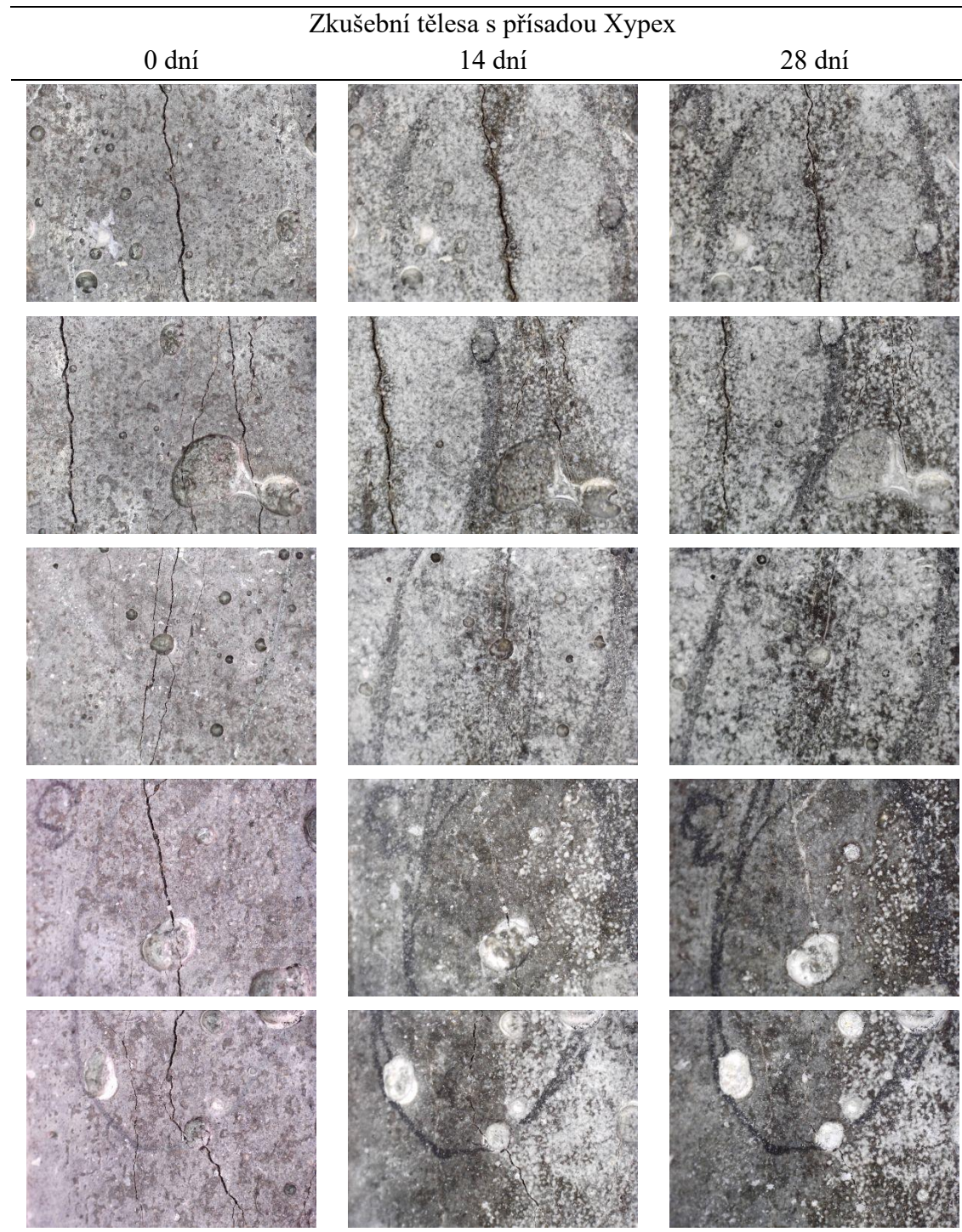


Teplota 5°C s relativní vlhkostí vzduchu 100 %





Teplota 5°C, zkušební těleso v přímém styku s vodou jedním povrchem


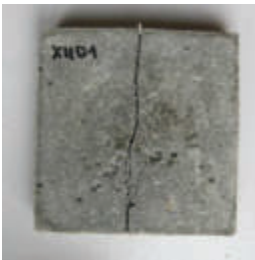

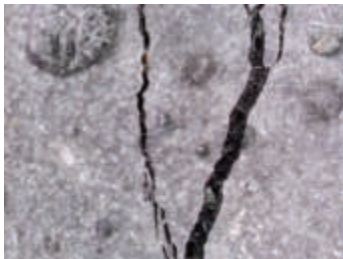
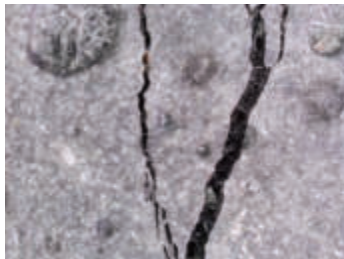

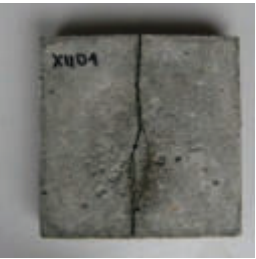

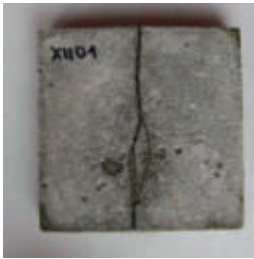



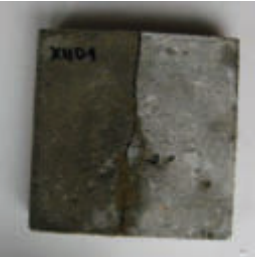


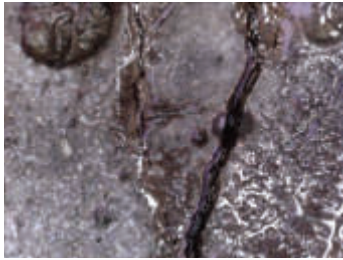

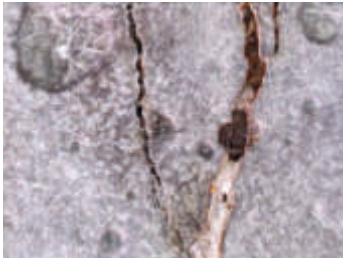










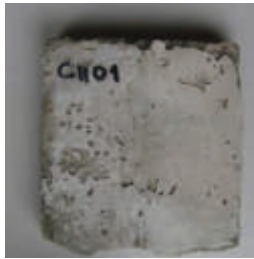

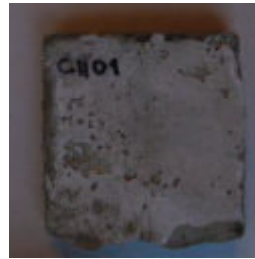






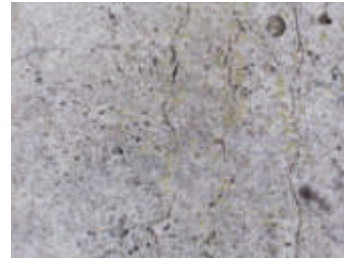
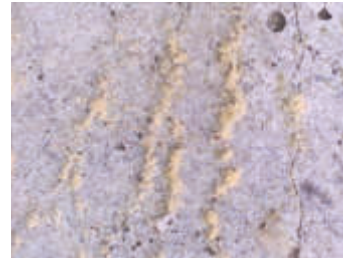
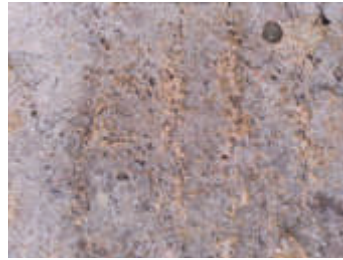


## **Příloha B: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 2**

**XII01 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**



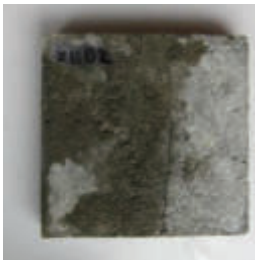
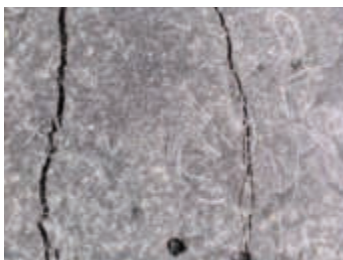
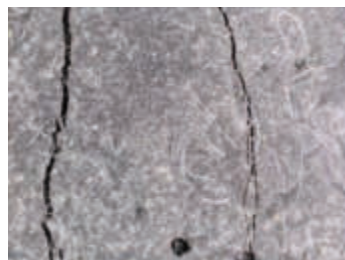
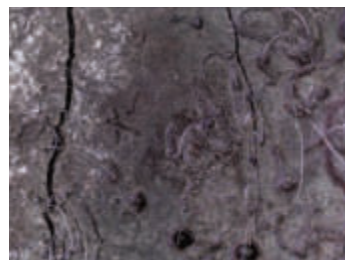
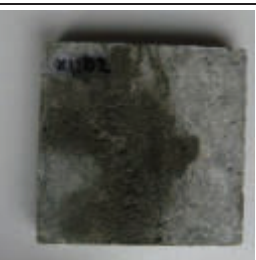


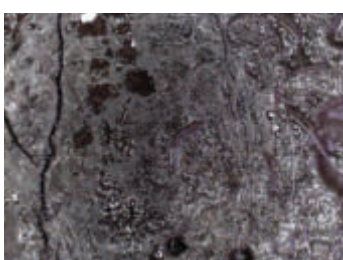
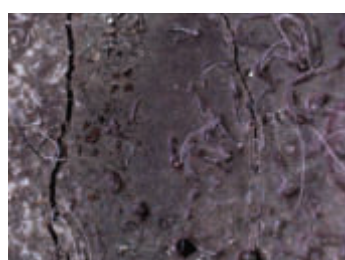
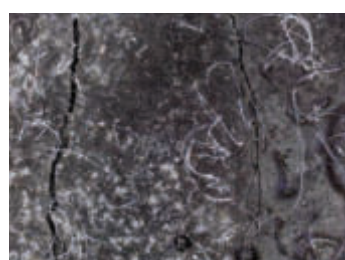



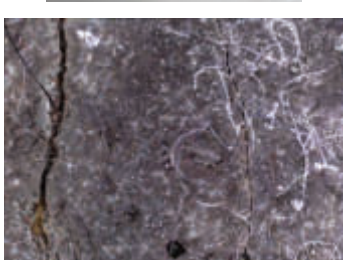
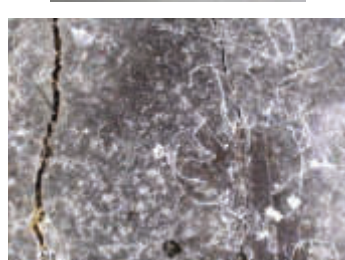
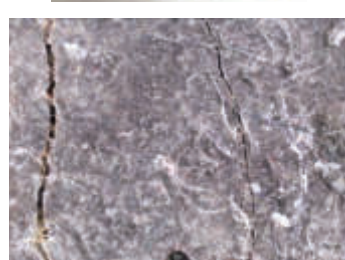
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CI01 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**



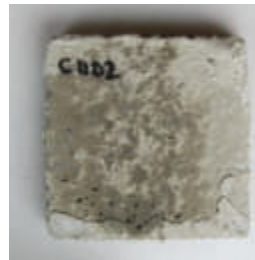
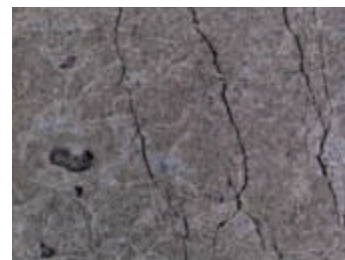
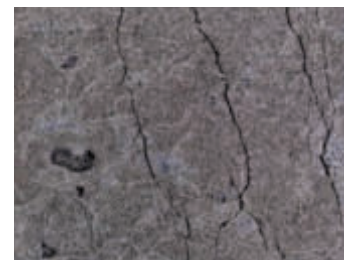
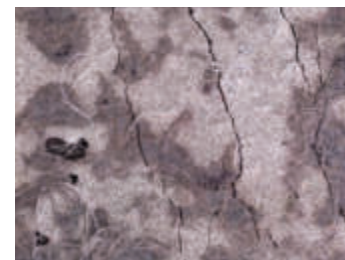

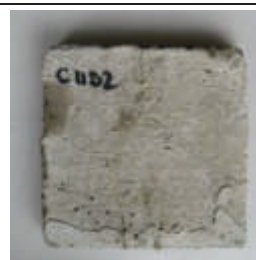
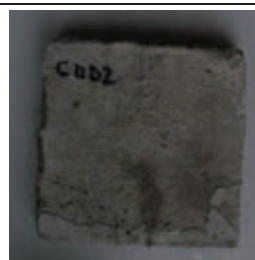
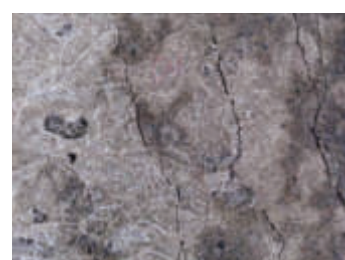





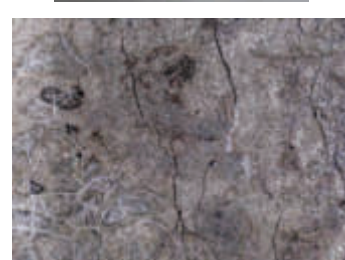
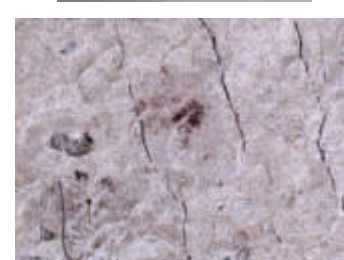
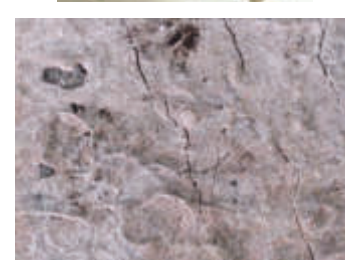
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII02 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování

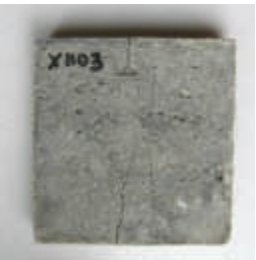
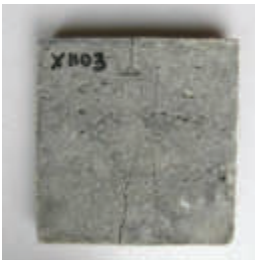
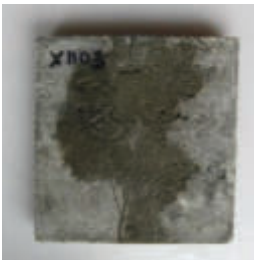


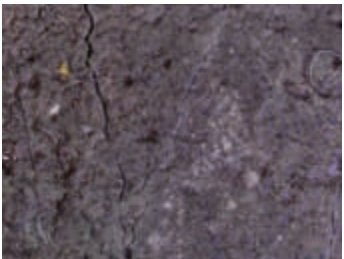
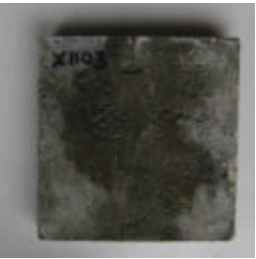




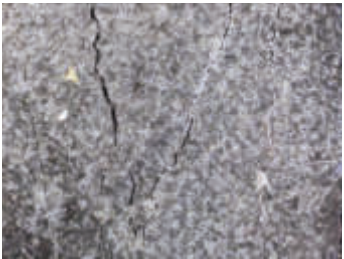


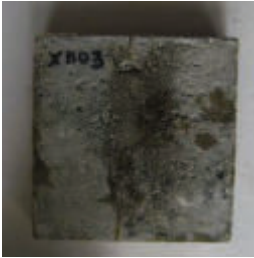
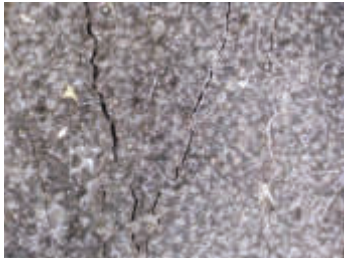
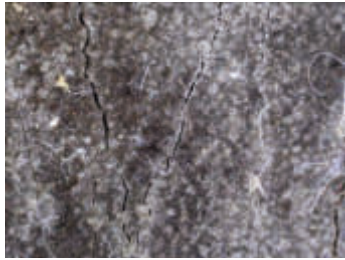

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI02 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference





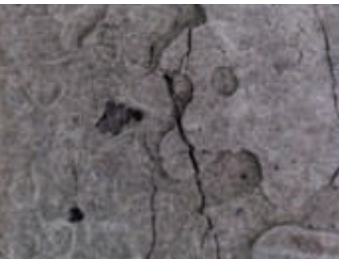
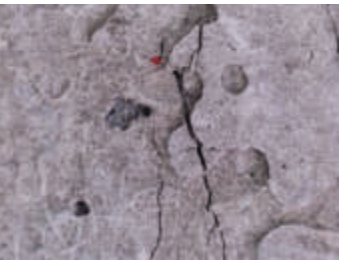












	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII03 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**



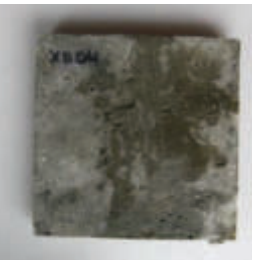
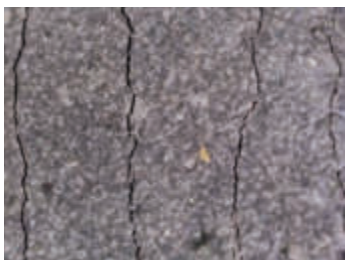

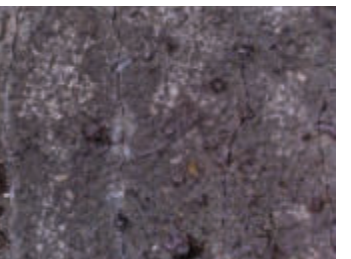
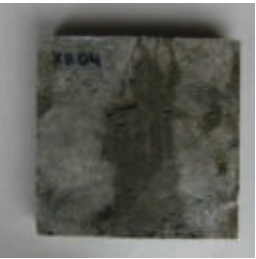
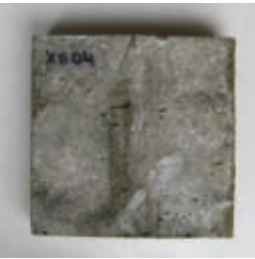










	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CI03 – Tělesa vystavená prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**










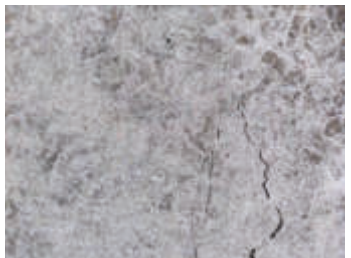
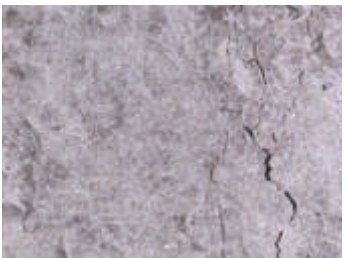
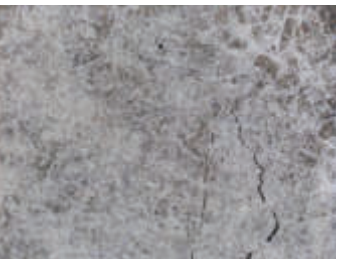




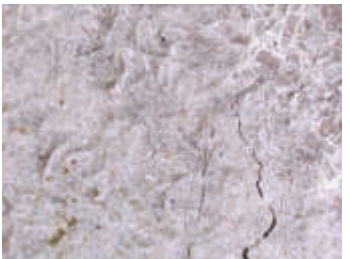

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII04 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**



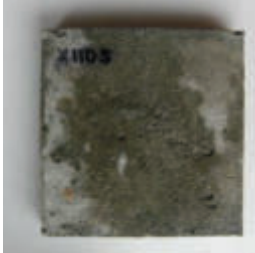



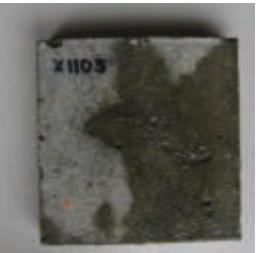
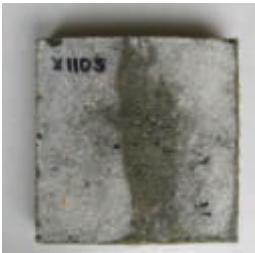
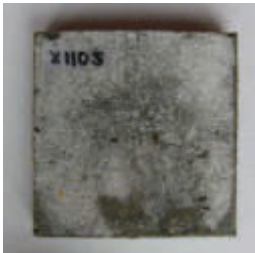


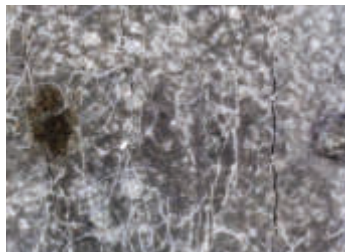



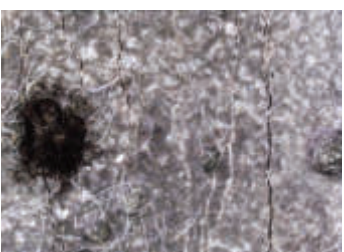
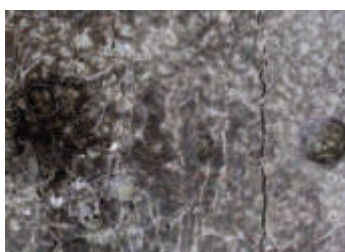
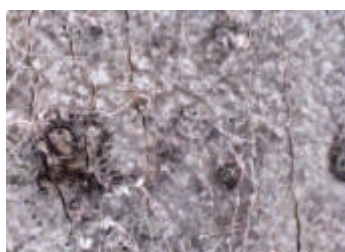
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CI104 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**







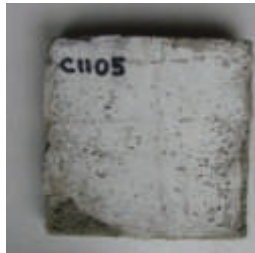




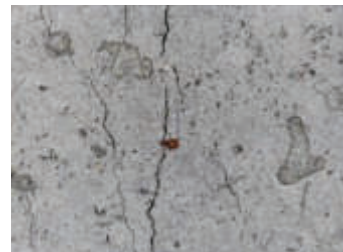



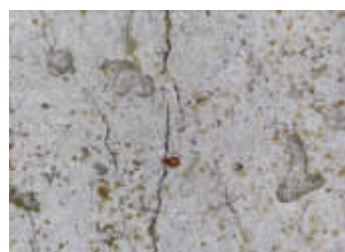
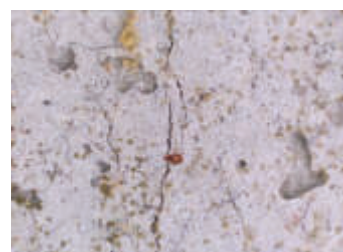
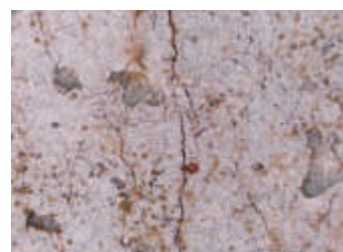
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII05 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**

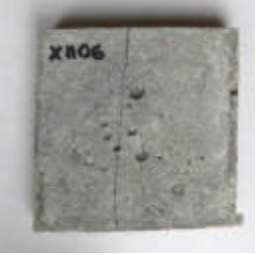
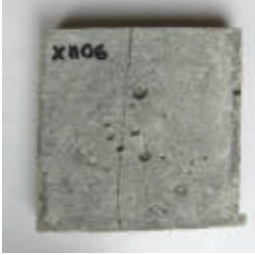
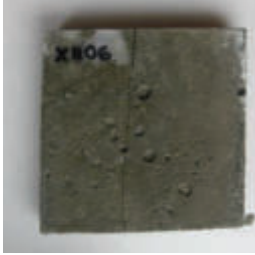



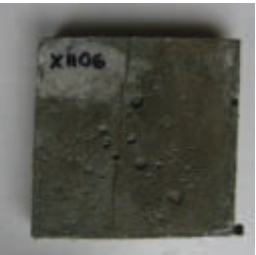

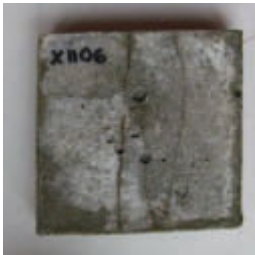

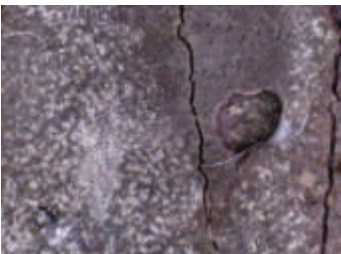




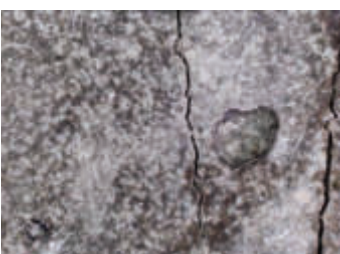
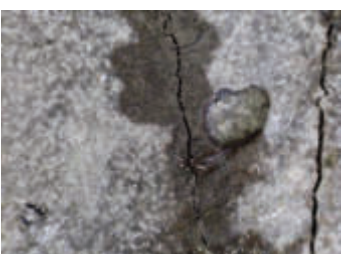
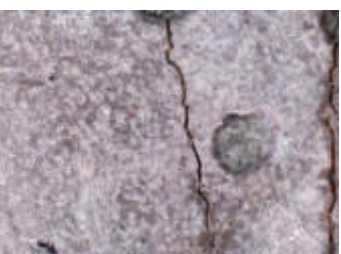
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII05 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**


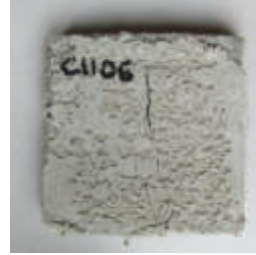







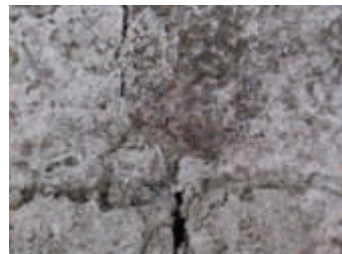

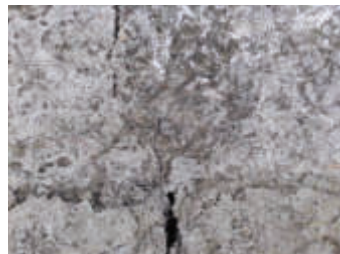



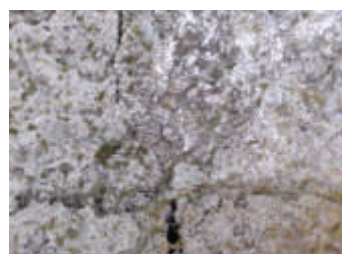

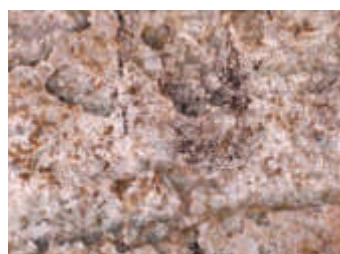
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII06 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**



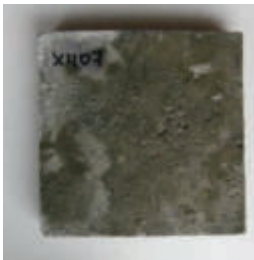

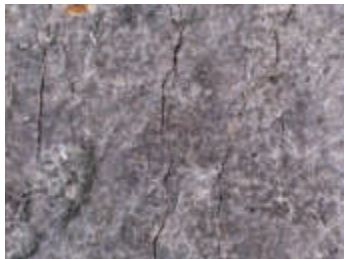

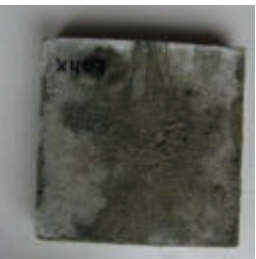

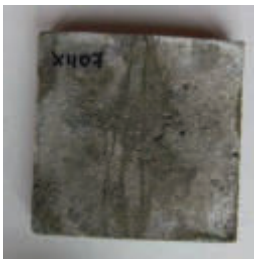
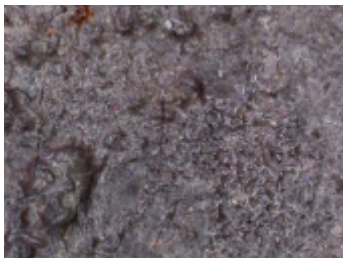



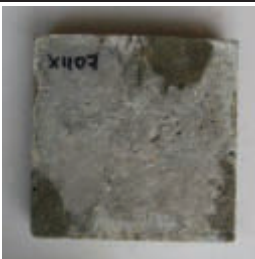

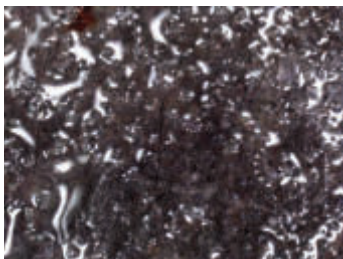


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CI106 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**






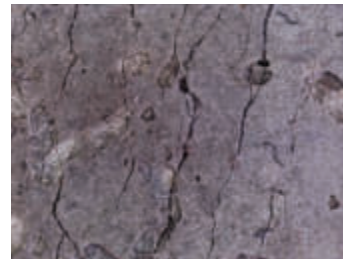



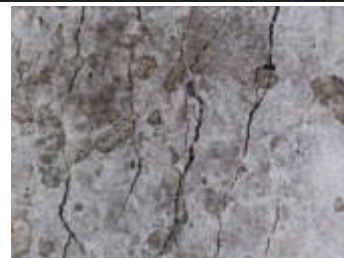
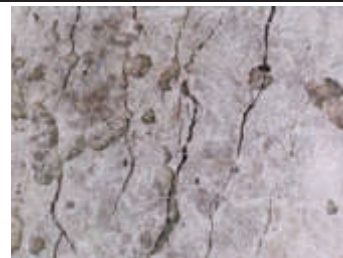
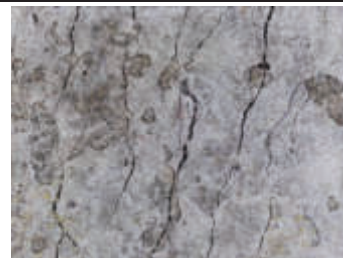



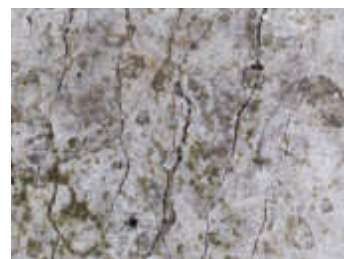
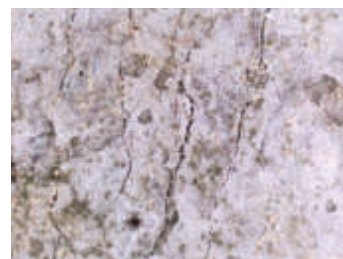
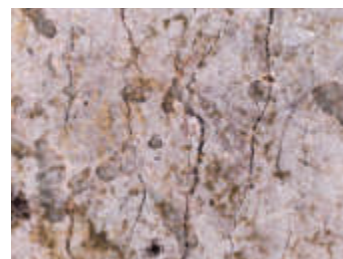
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII07 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování

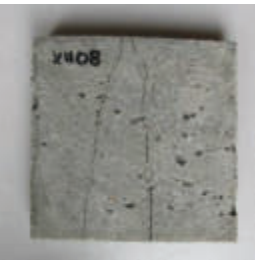
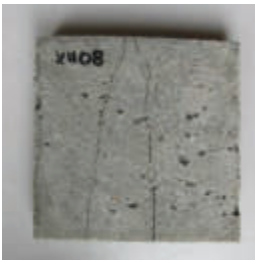
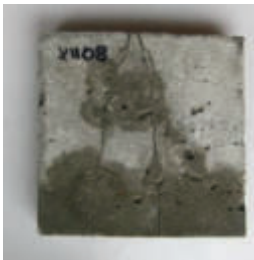
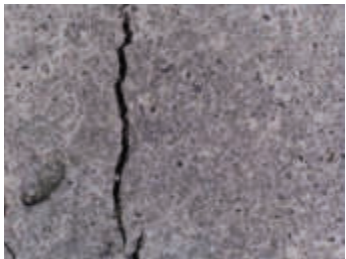
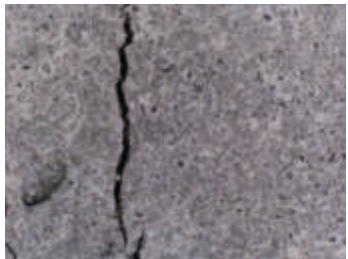
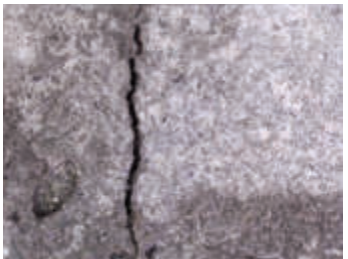
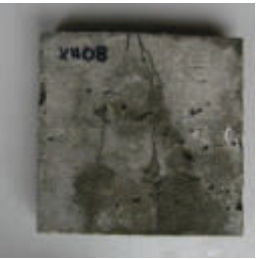
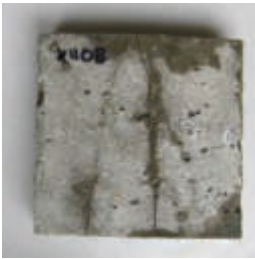
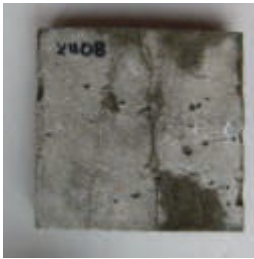



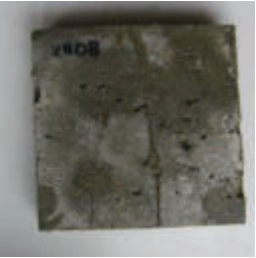


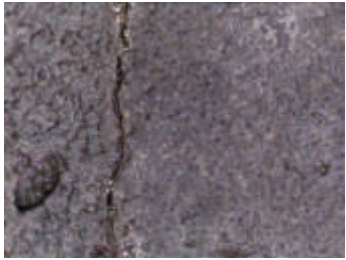
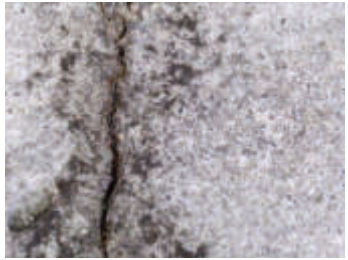

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI107 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference










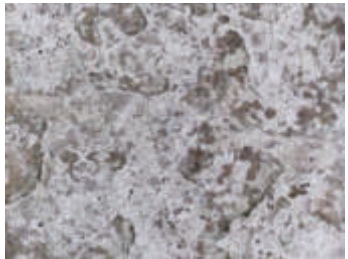
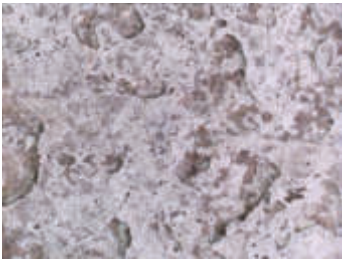
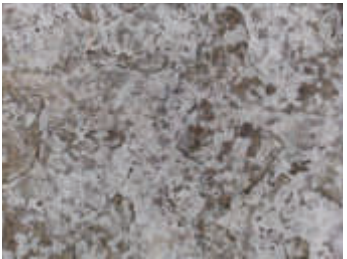

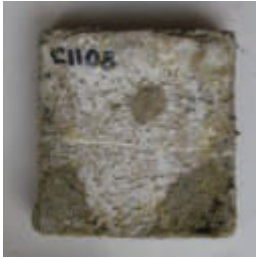


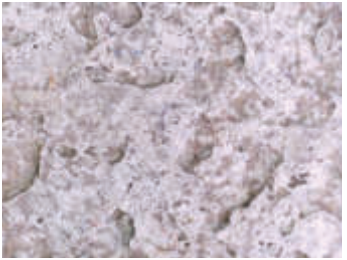
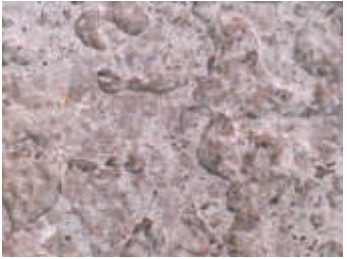
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII08 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování**



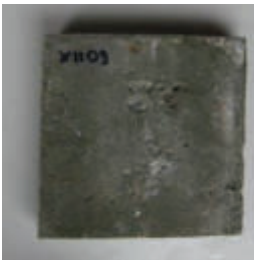
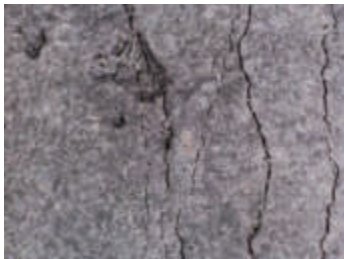


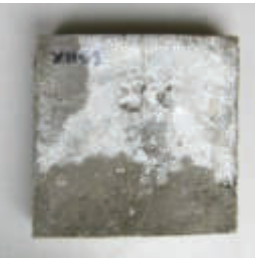











	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII08 – Těleso vystavené prostředí ihned po ukončení ošetřování, reference**




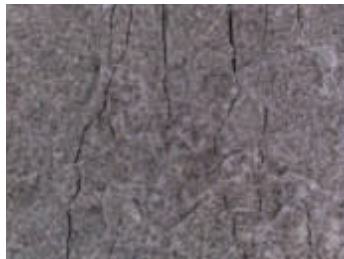













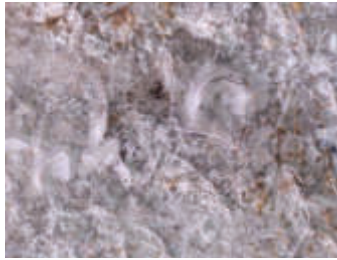
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII09 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování**


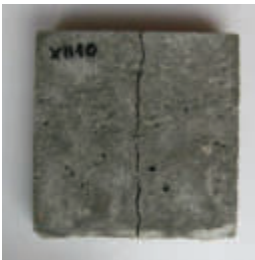


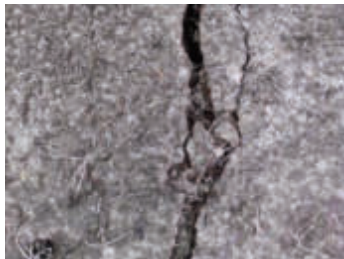













	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CI109 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference**

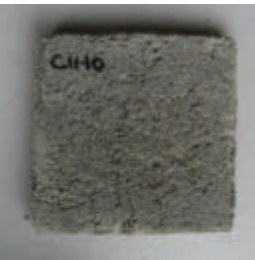
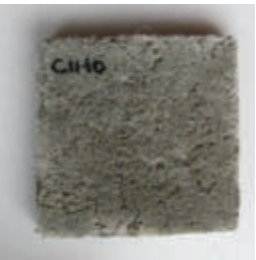
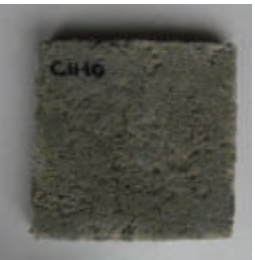
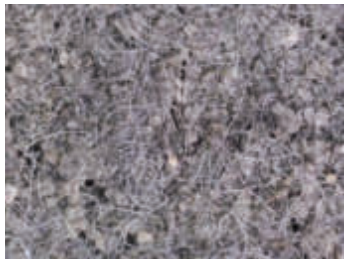









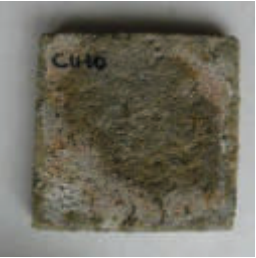
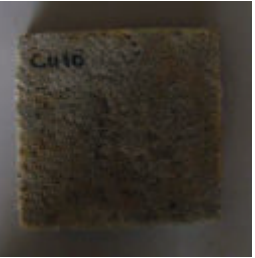
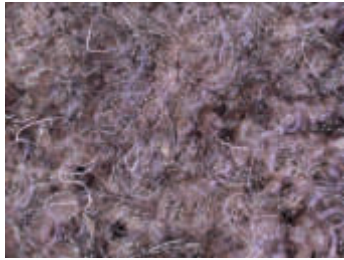
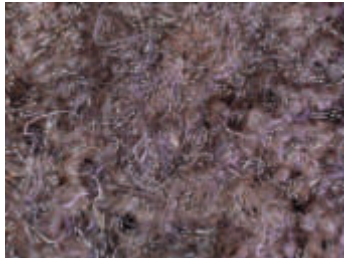

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII10 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování

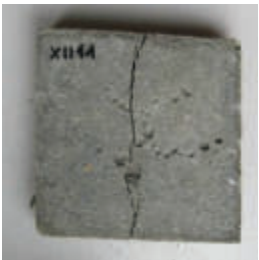
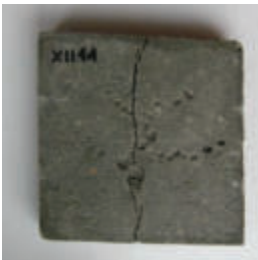

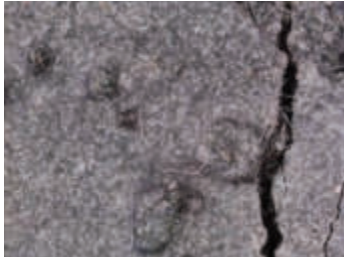
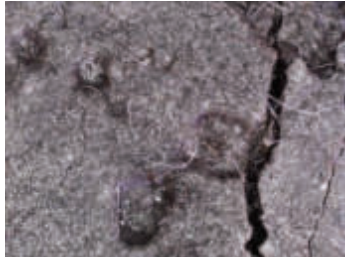




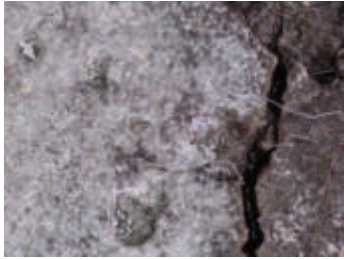

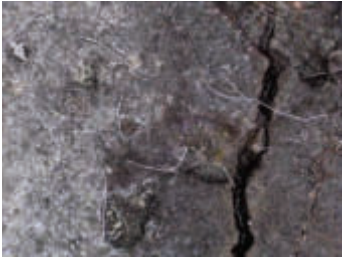

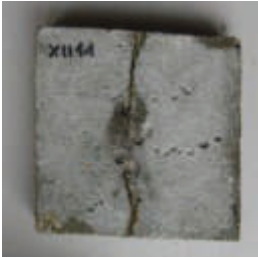
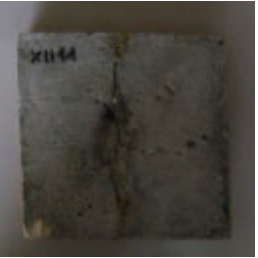
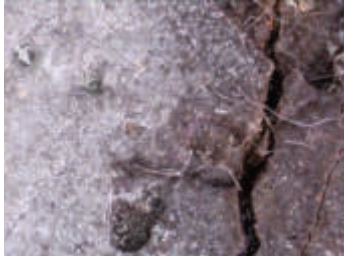


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII10 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference

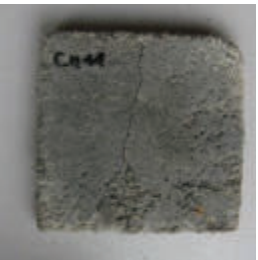

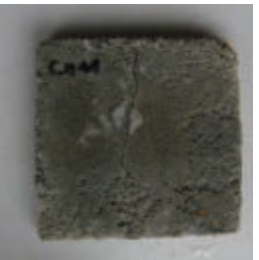

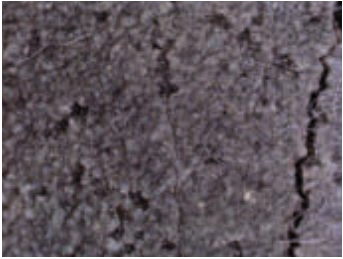


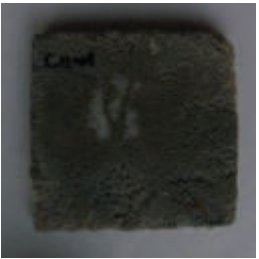
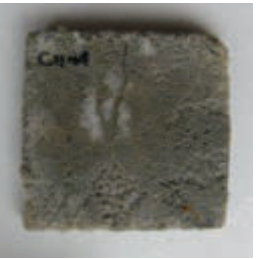





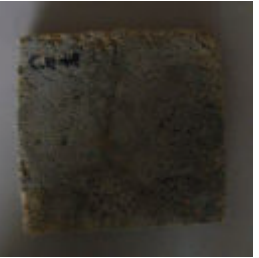



	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII11 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování

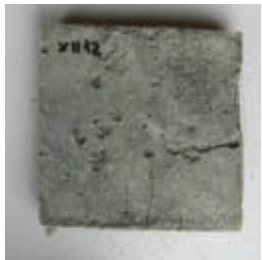
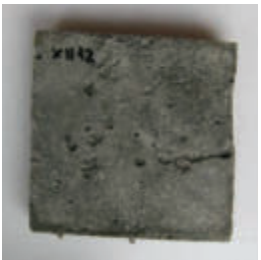
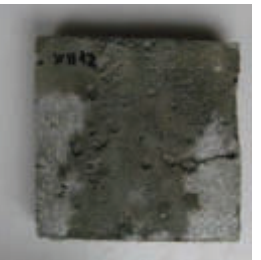
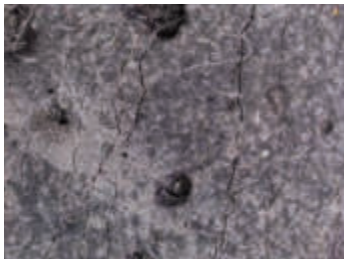





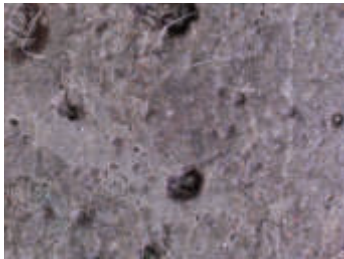


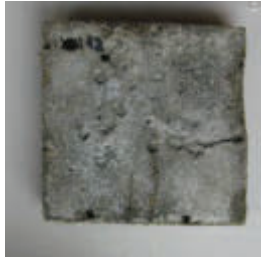

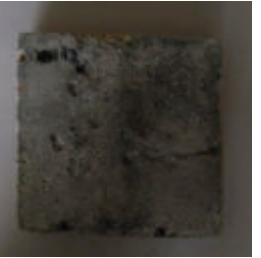
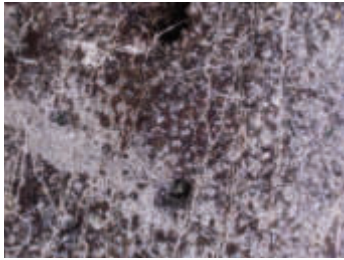
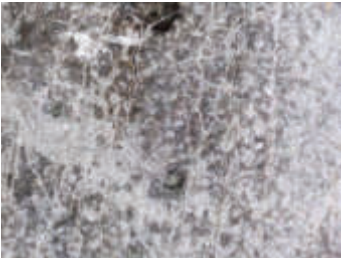
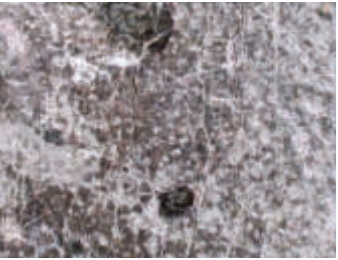
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII11 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference

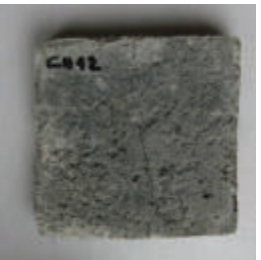

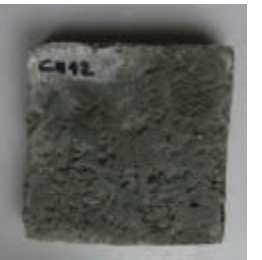




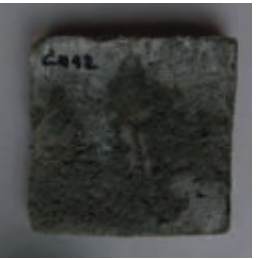






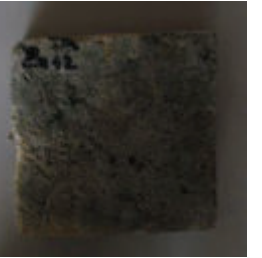
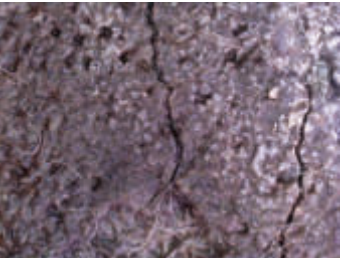


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII12 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování



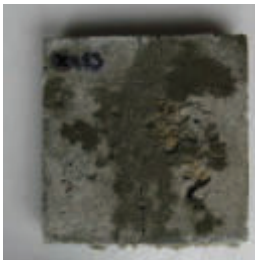
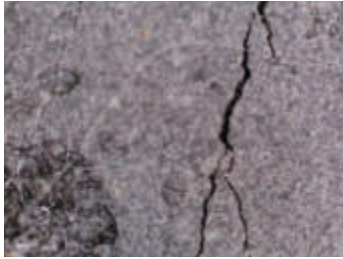


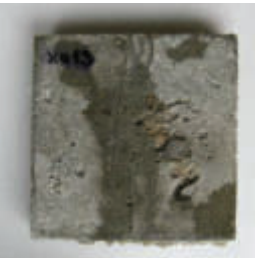
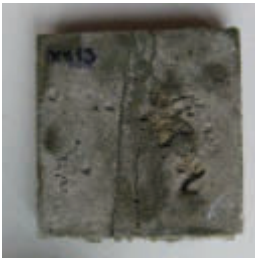




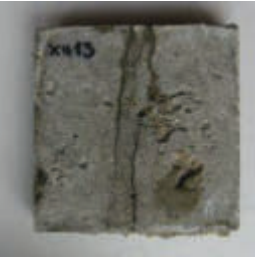





	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII12 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference



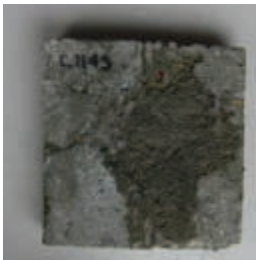



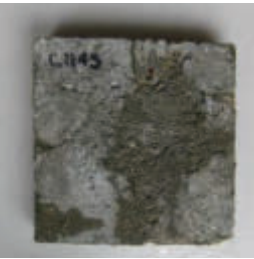
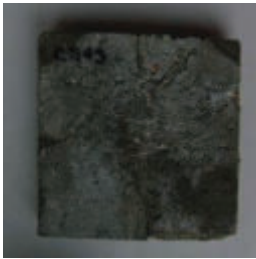
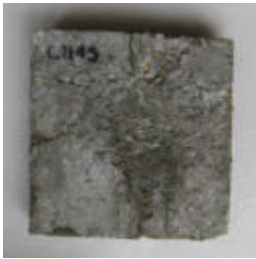


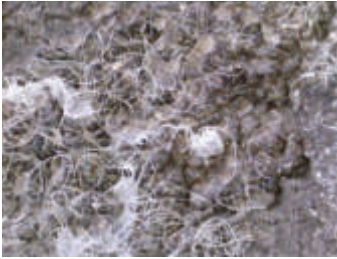

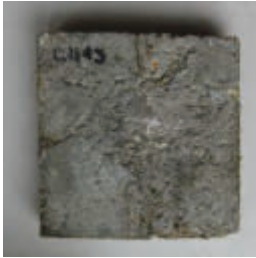


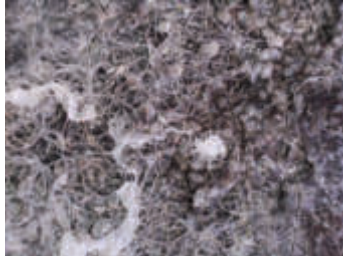
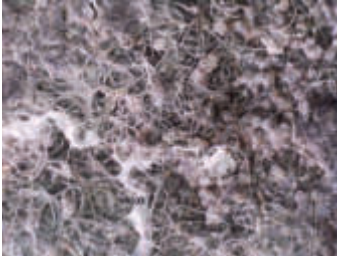
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII13 – Tělo vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování

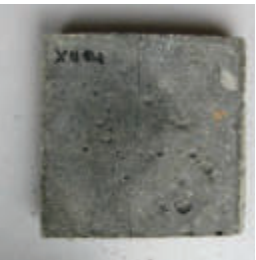
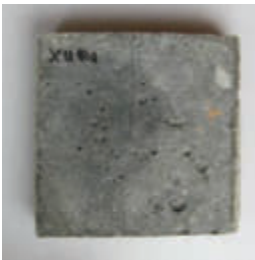
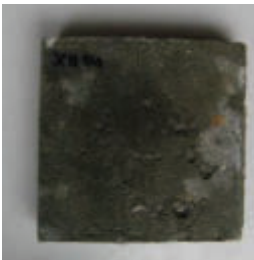



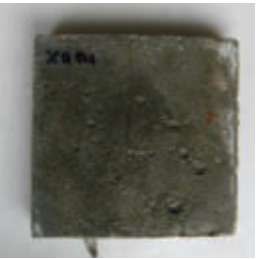
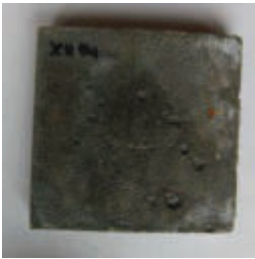







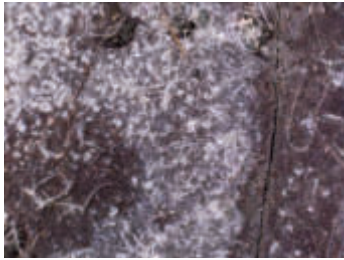


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII13 – Tělo vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference

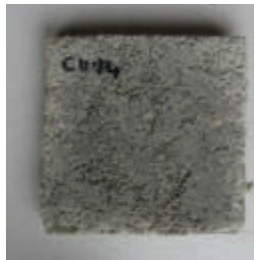

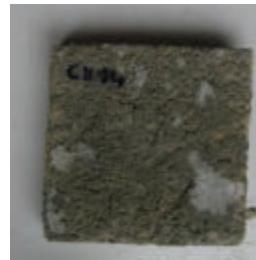
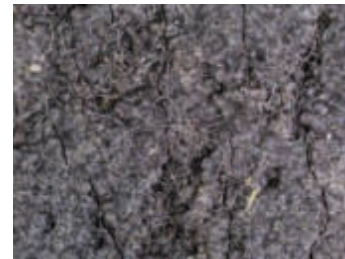


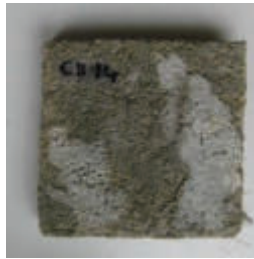
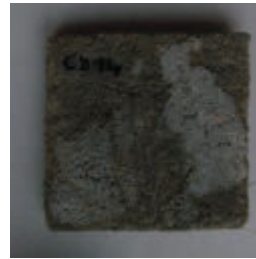

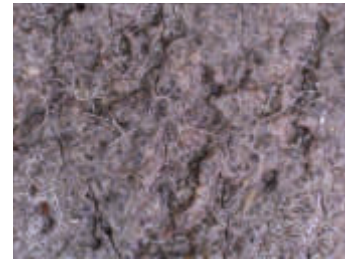





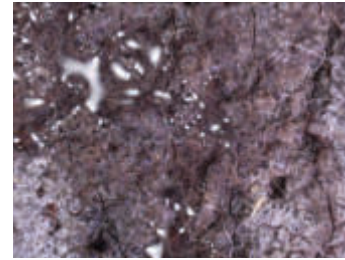
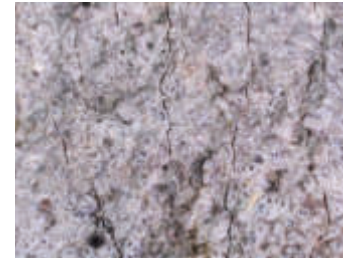
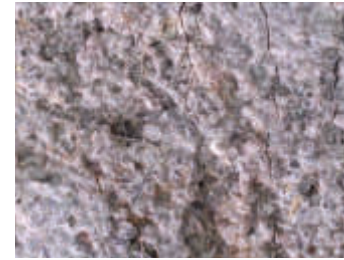
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII14 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování

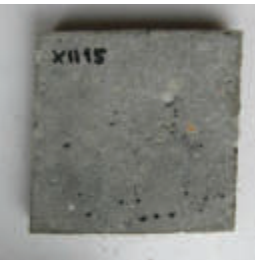

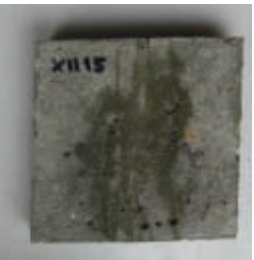
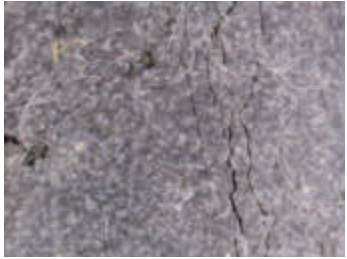
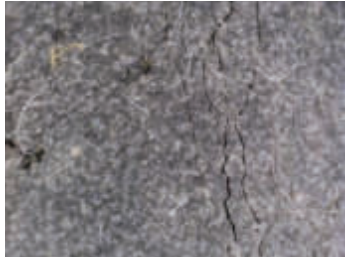
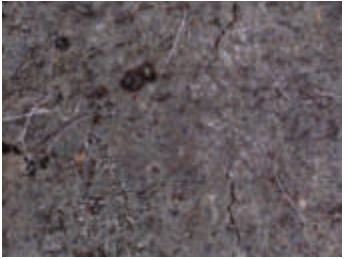

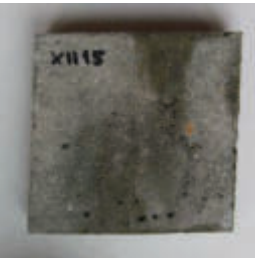

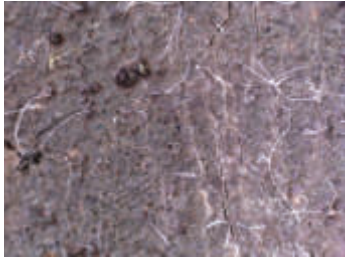
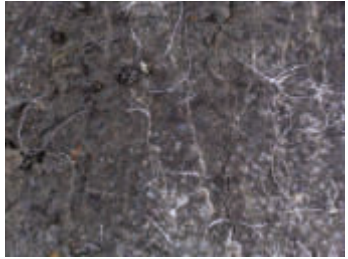




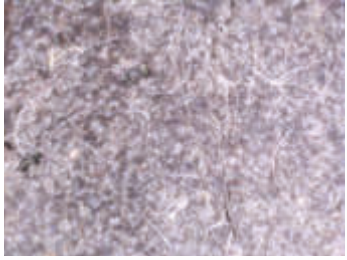


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII14 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference

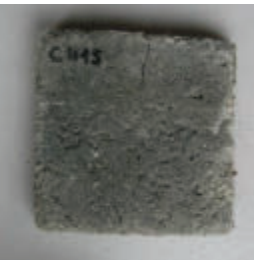

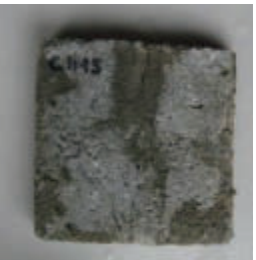
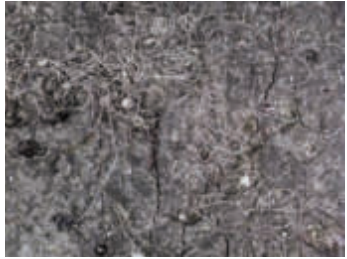









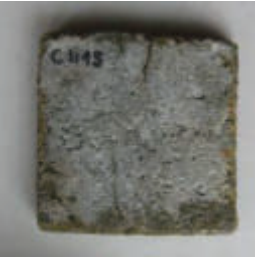
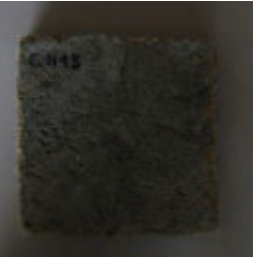



	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII15 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování



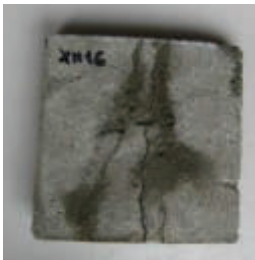








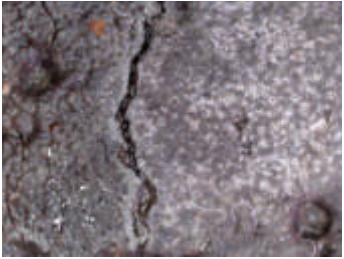






	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII15 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference







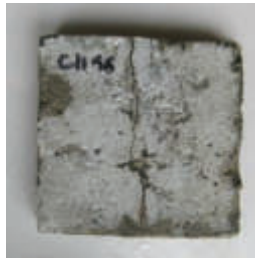
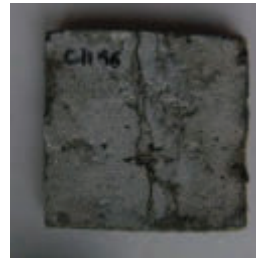









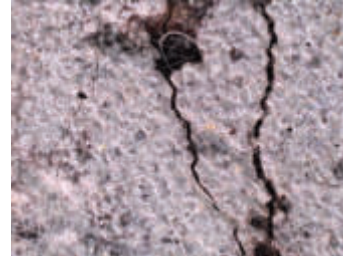
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII16 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování



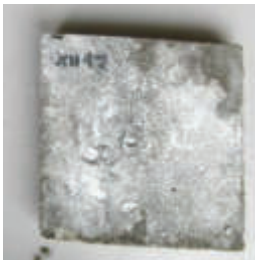


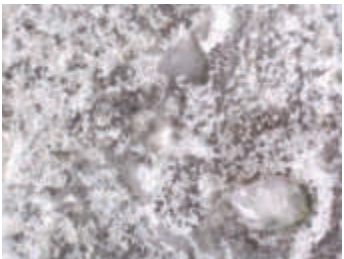


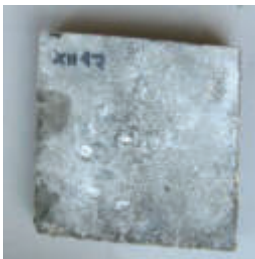


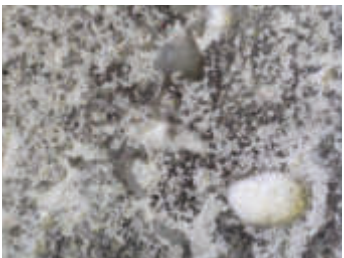

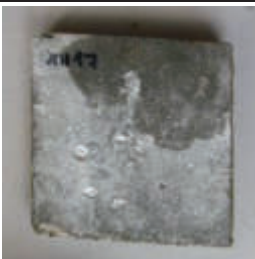



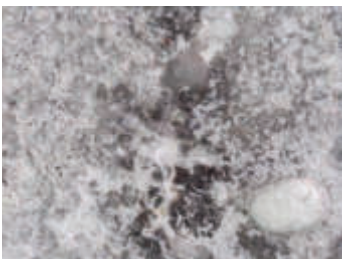
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH16 – Těleso vystavené prostředí po 7 dnech od ukončení ošetřování, reference

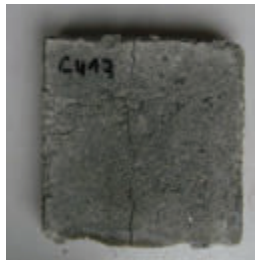
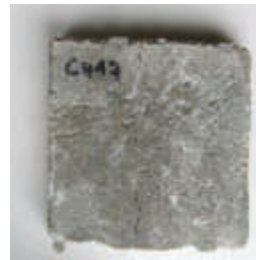
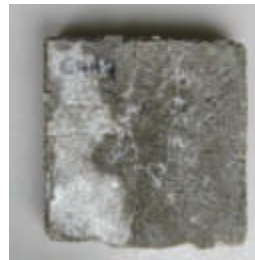
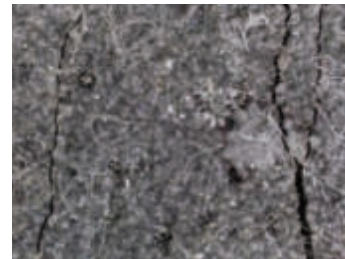

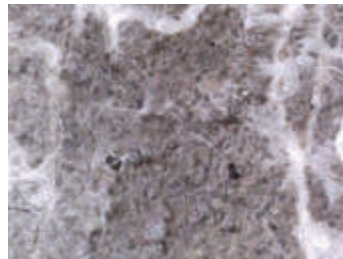
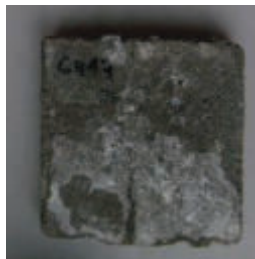


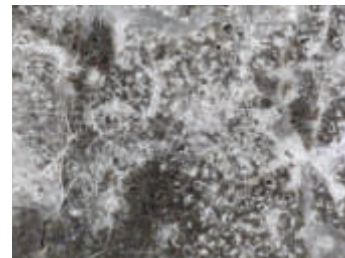
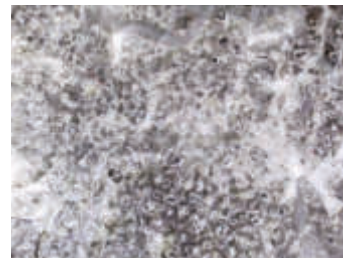
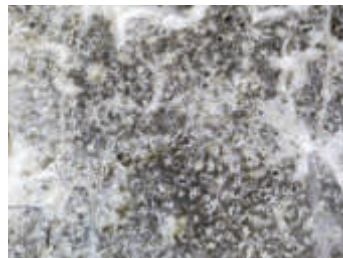
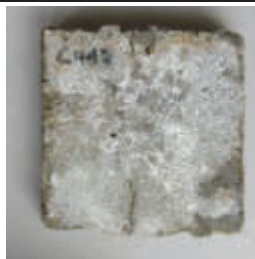


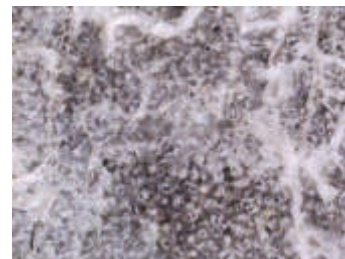
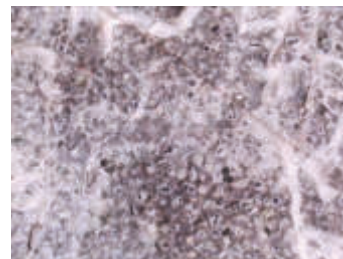
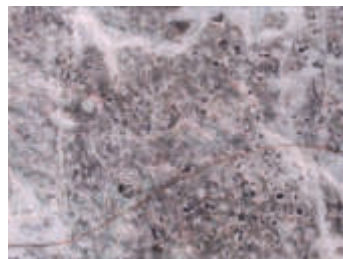
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII17 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování


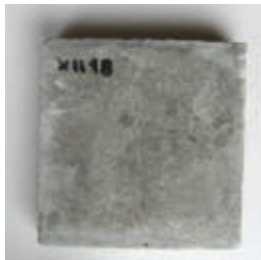
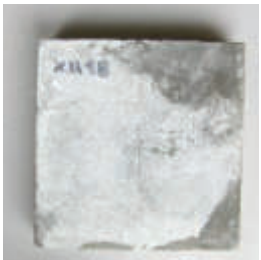

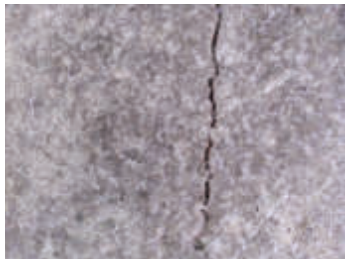




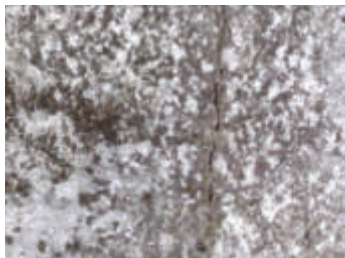
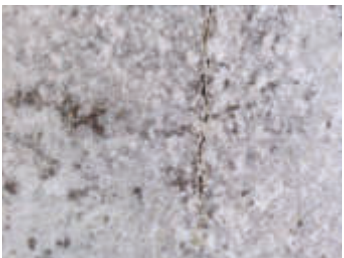






	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII17 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference
















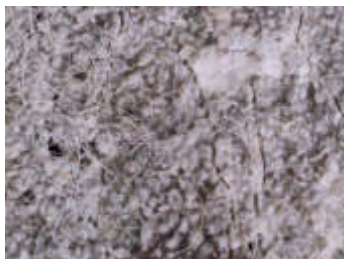
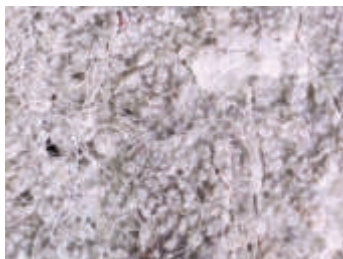

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII18 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování


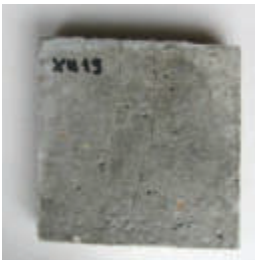
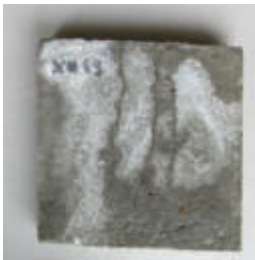

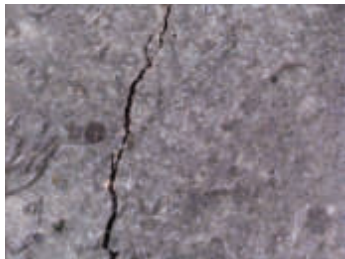













	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII18 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference


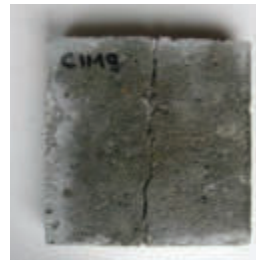
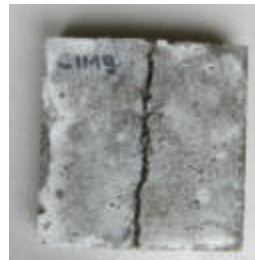




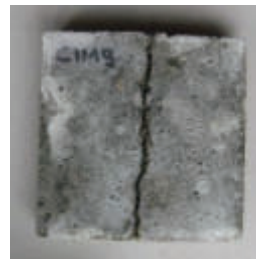
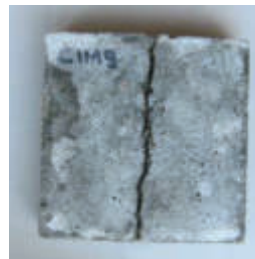





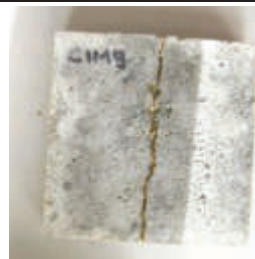

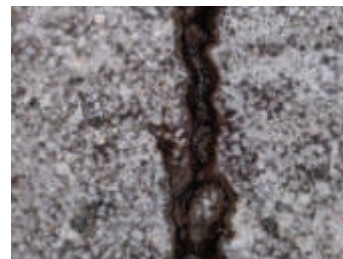

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII19 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování


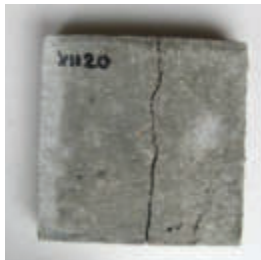

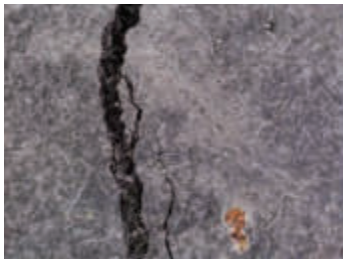
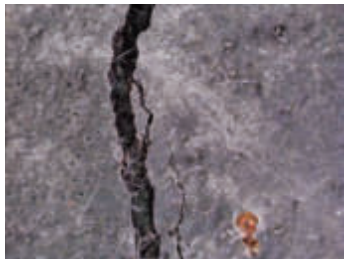






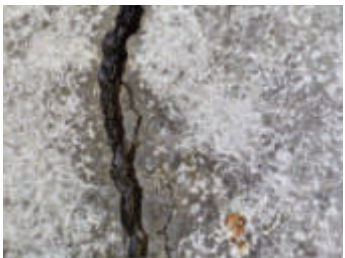



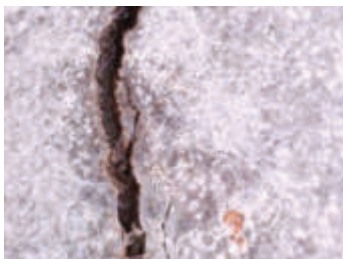
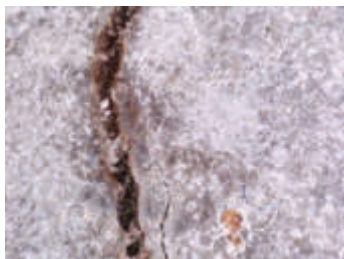

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII19 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference


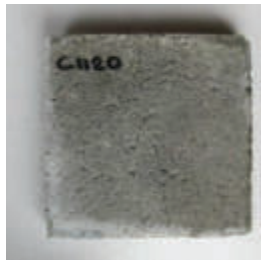
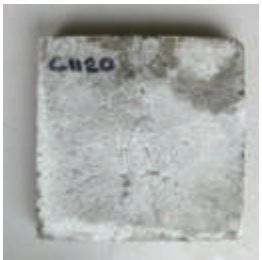

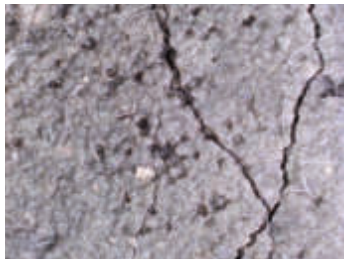

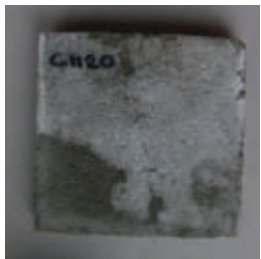
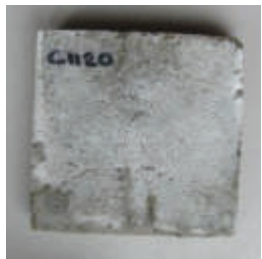
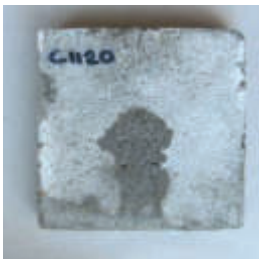
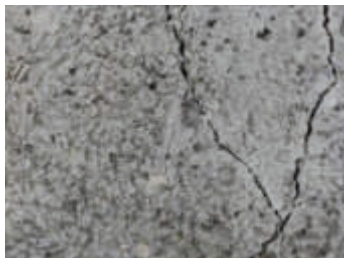








	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII20 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování



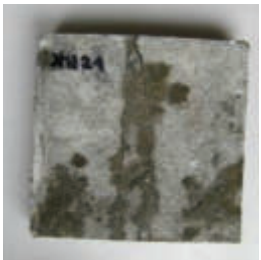

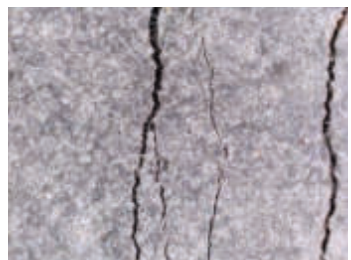




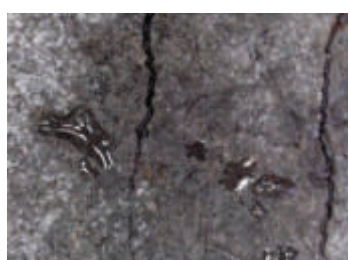




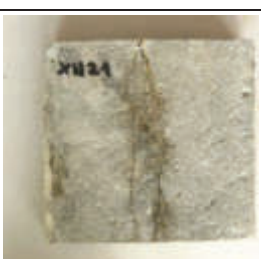
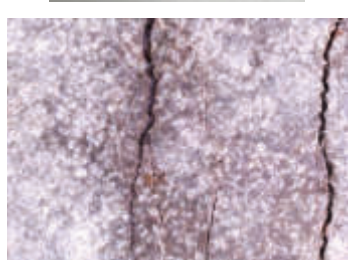

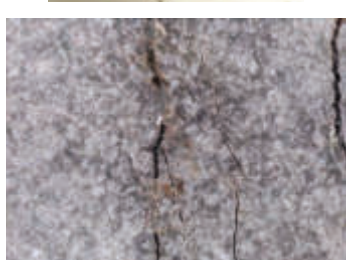
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH20 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference

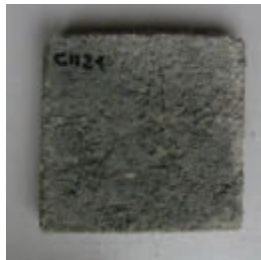

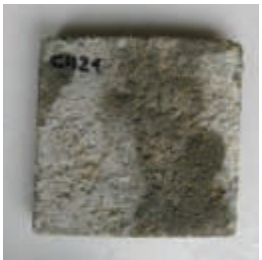
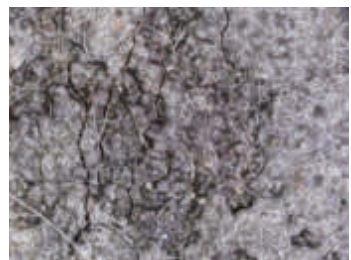
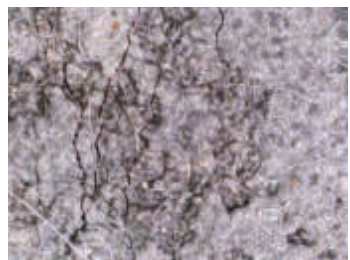
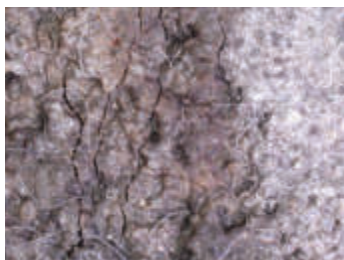



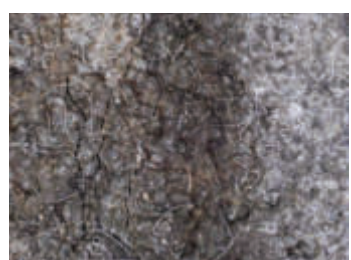


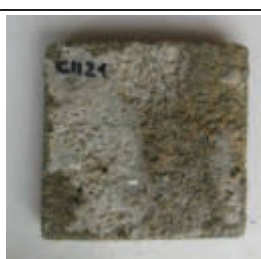



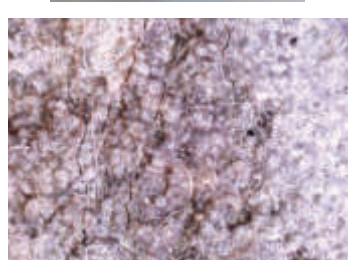
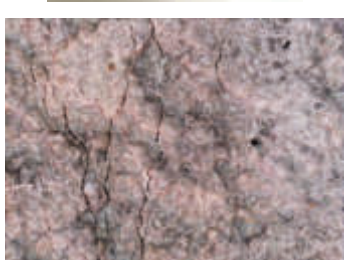
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII21 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování




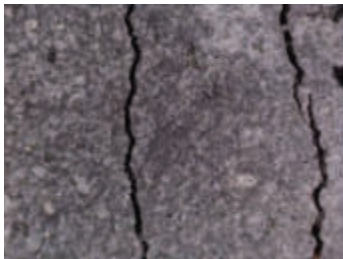


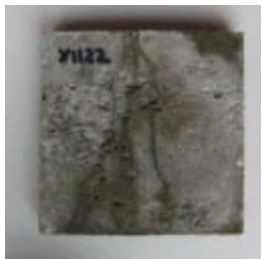











	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH21 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference

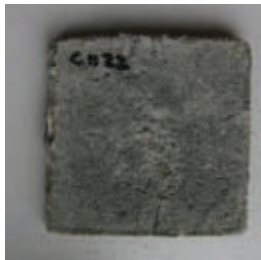

















	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII22 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování





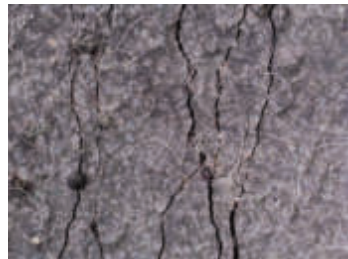




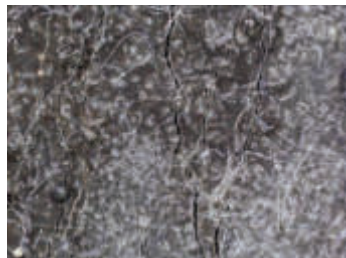

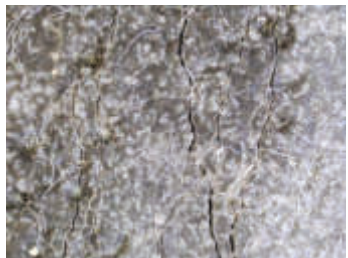



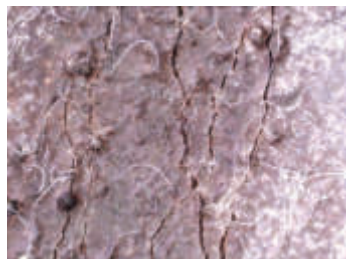
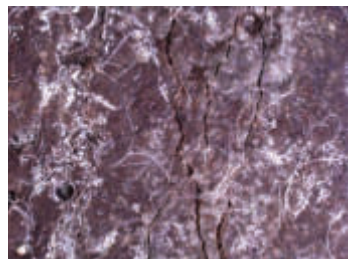
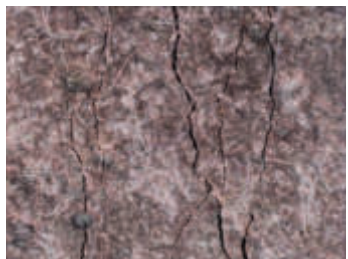
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH22 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference

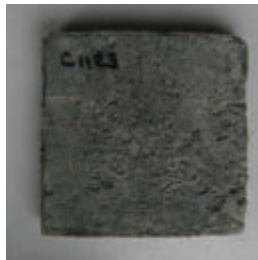


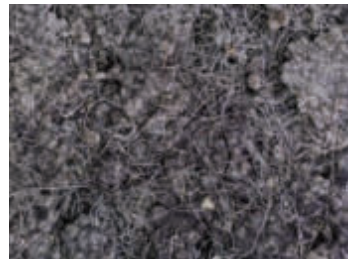

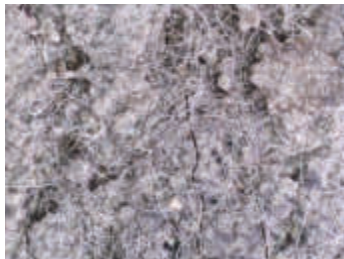



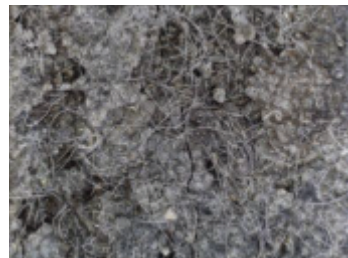
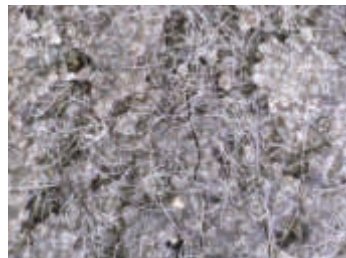
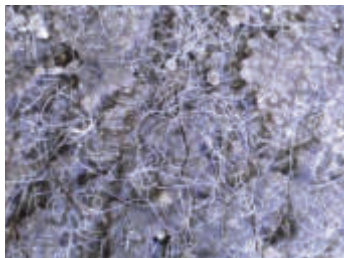



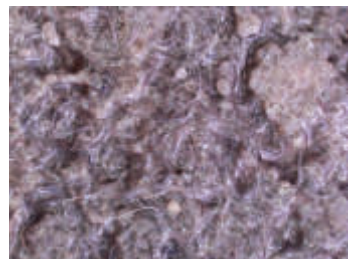
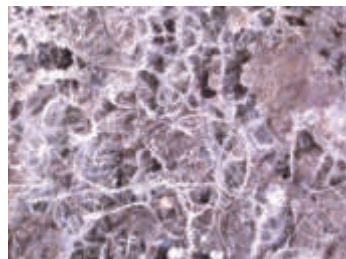

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII23 – Tělo vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování


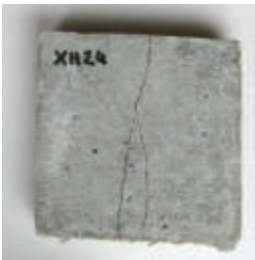
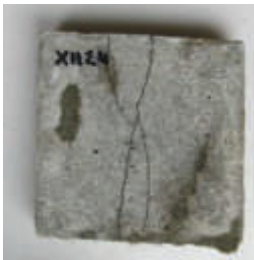
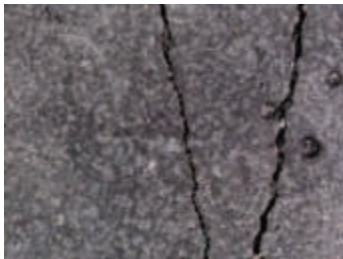
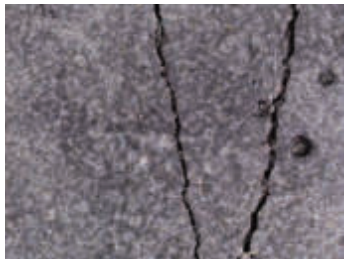
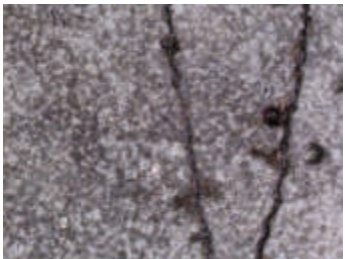




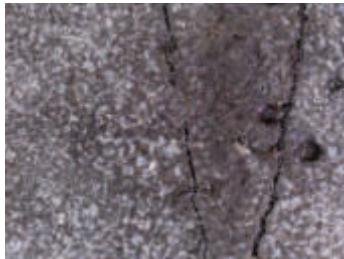
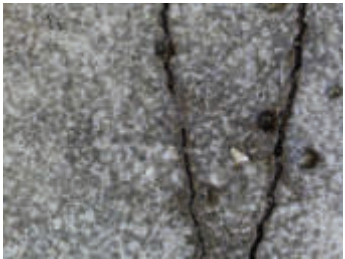



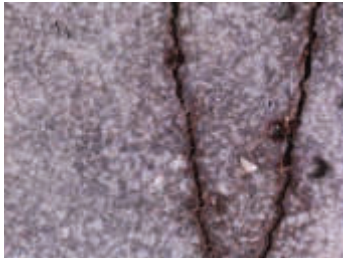
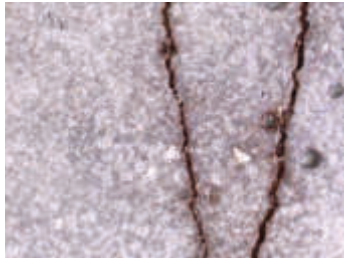
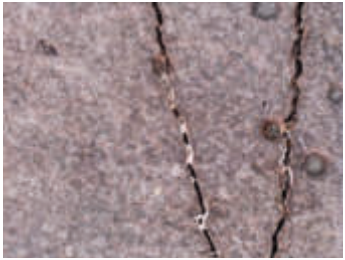
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI23 – Tělo vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference

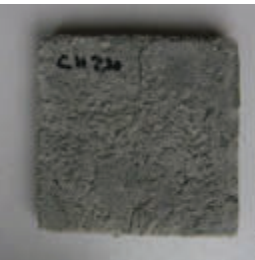


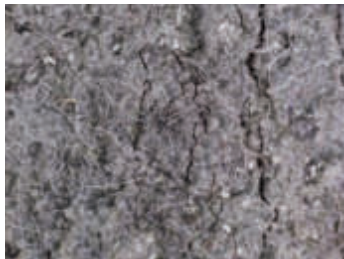


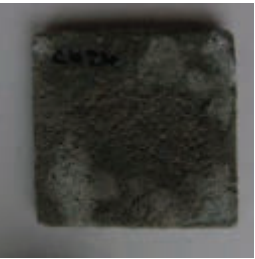
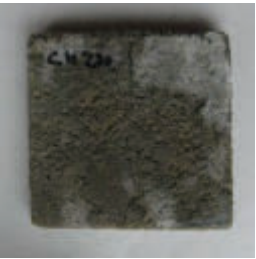
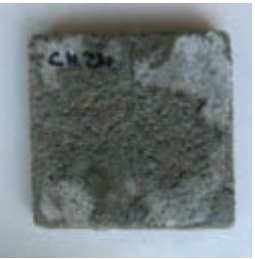
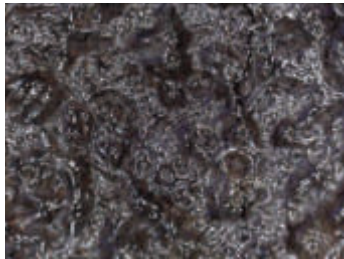
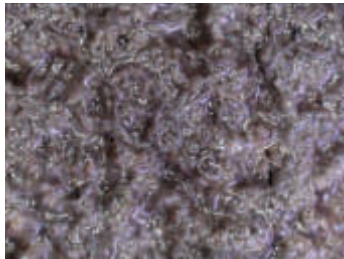
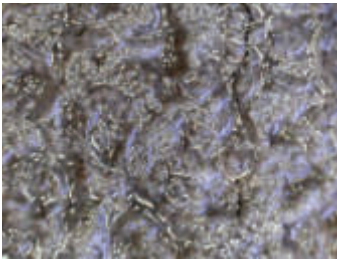




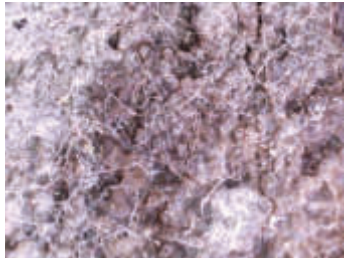

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII24 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování



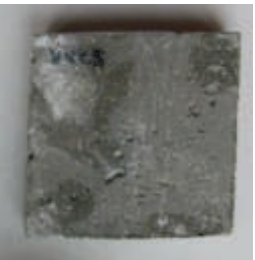
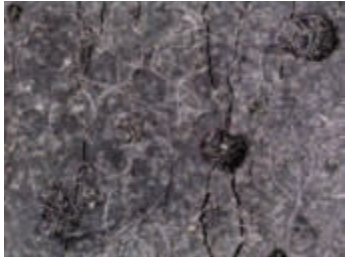
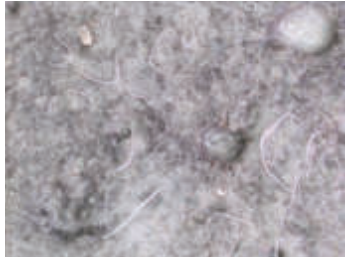
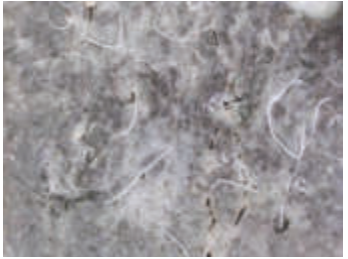
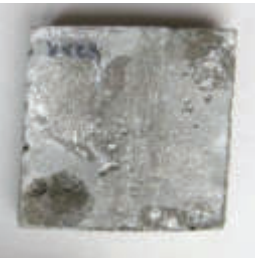


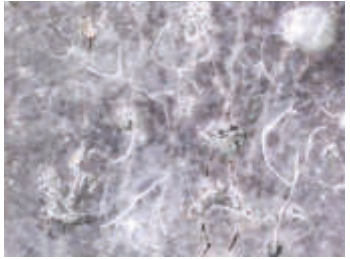
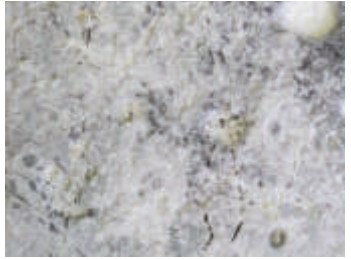





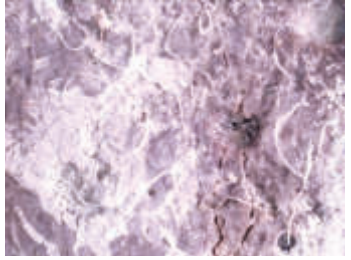

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH24 – Těleso vystavené prostředí po 14 dnech od ukončení ošetřování, reference





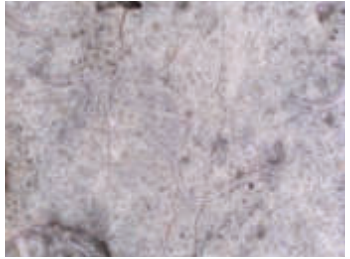
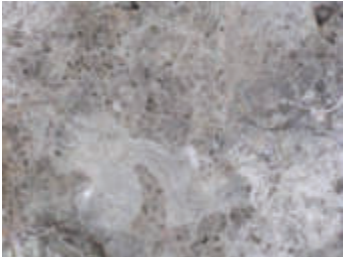


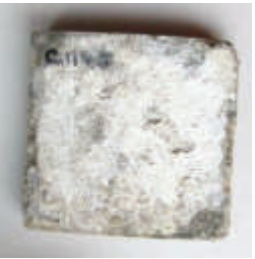









	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII25 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování

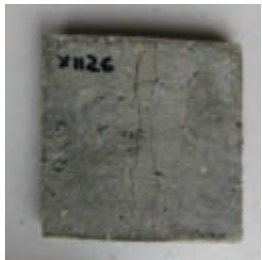
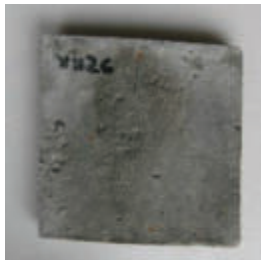
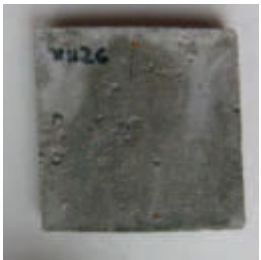
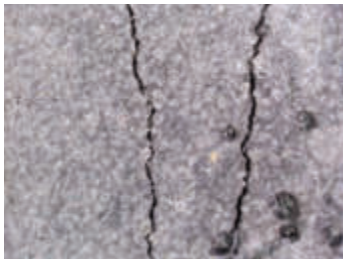
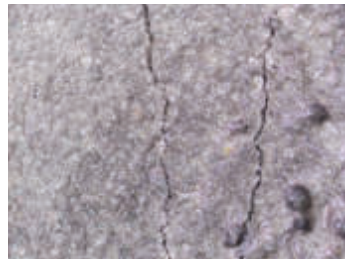
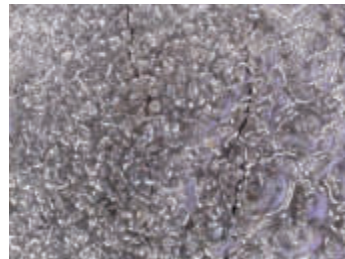



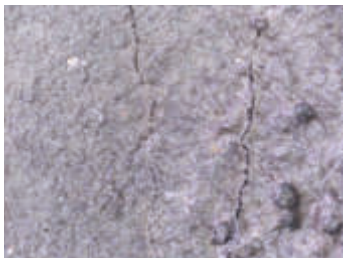






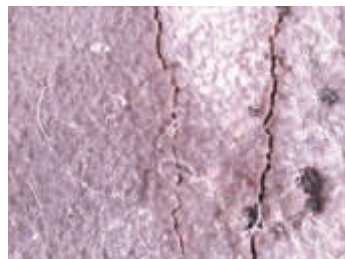
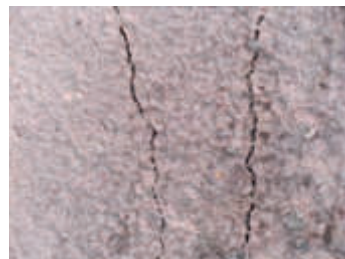
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII25 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference




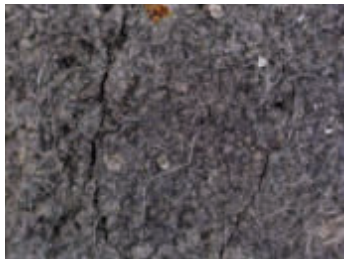



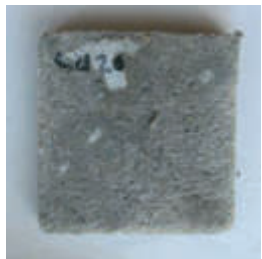

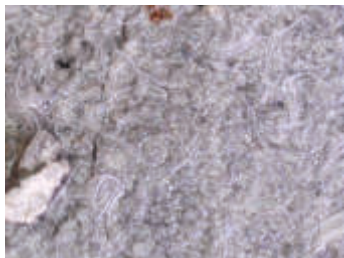





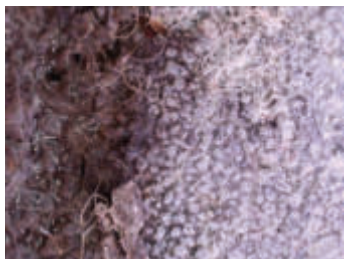

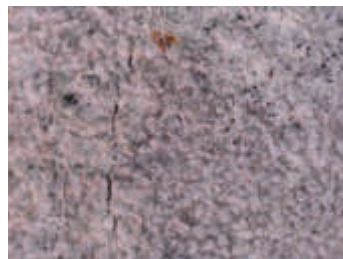
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII26 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování


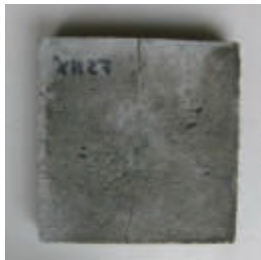
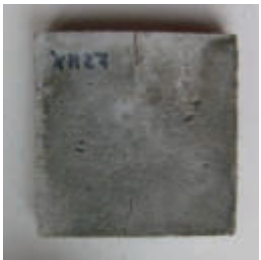

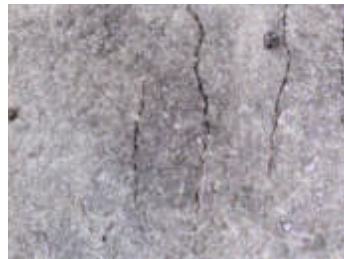


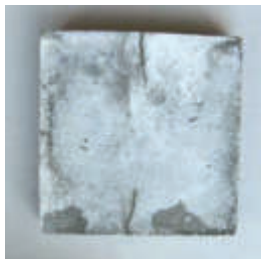
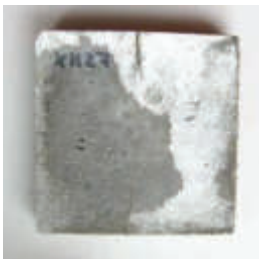







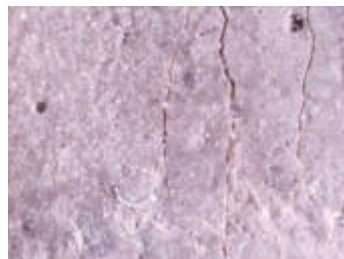

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI126 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference

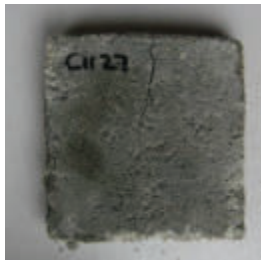
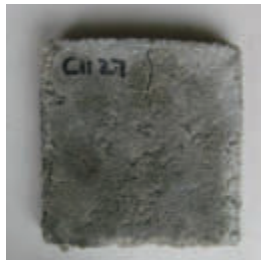
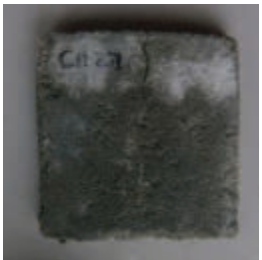








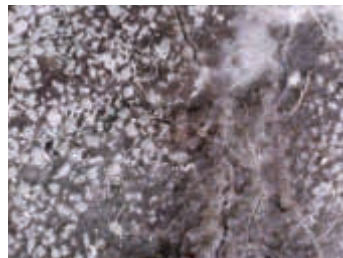




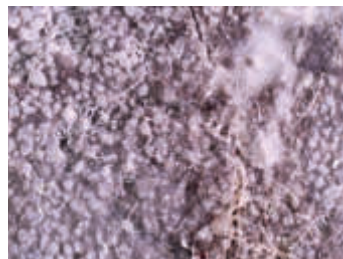

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII27 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování

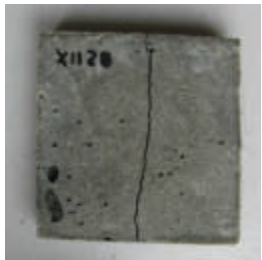
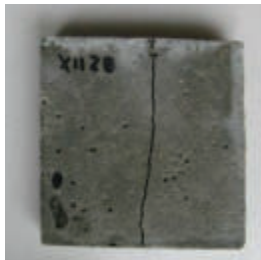
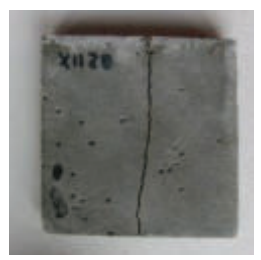













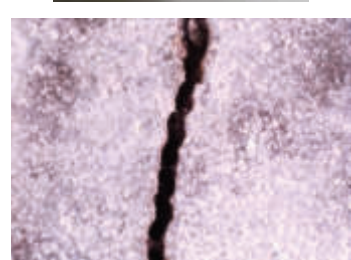

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI127 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference

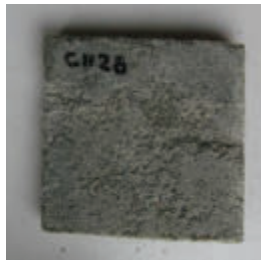


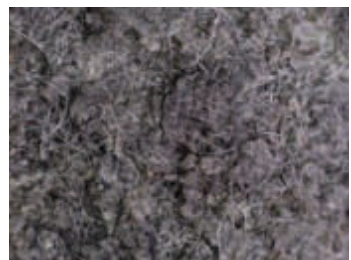











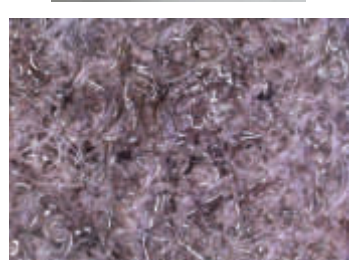
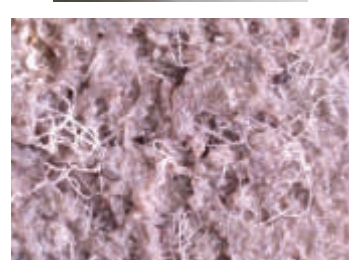
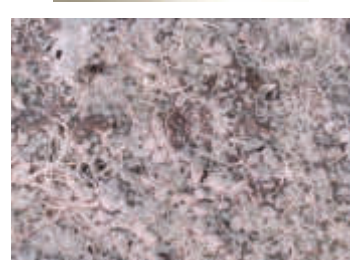
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII28 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování




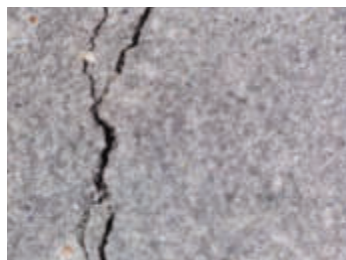
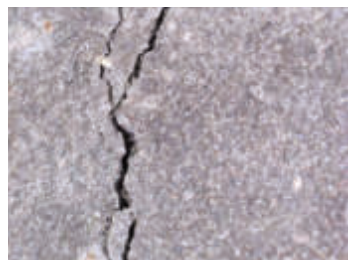




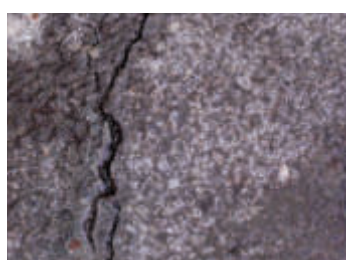
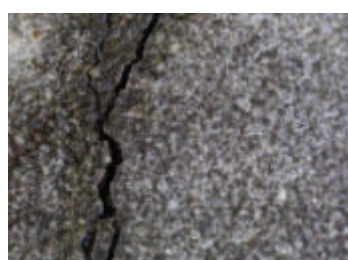




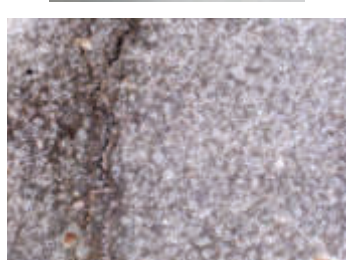
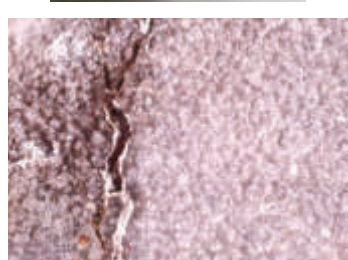
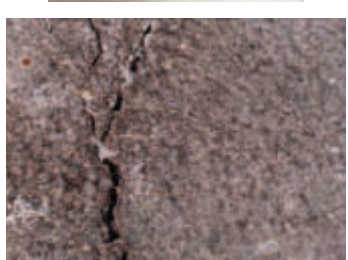
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH28 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference


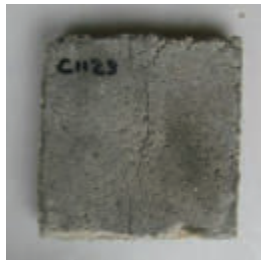
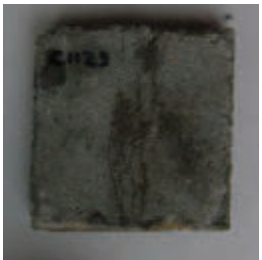












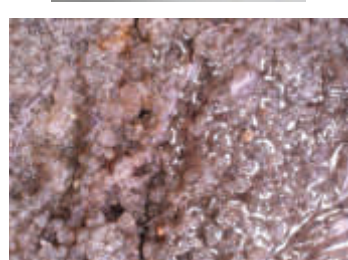
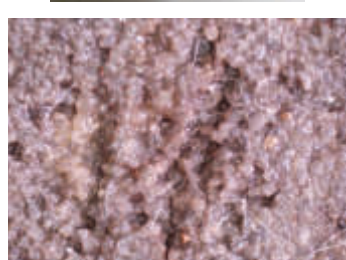
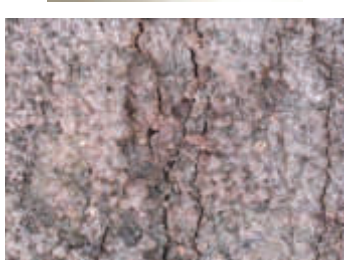
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII29 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování



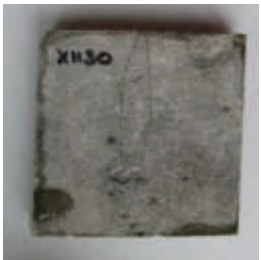




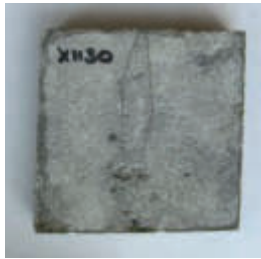


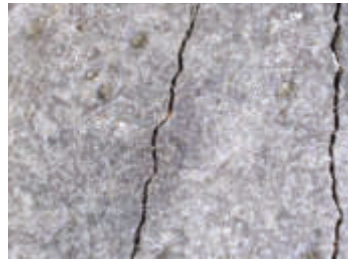
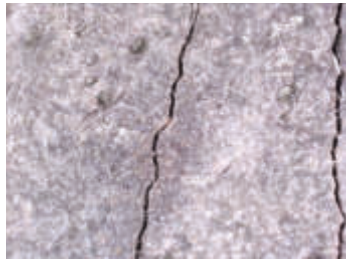
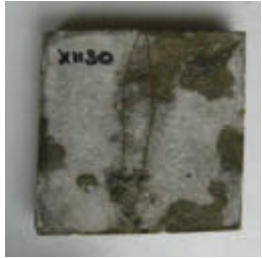
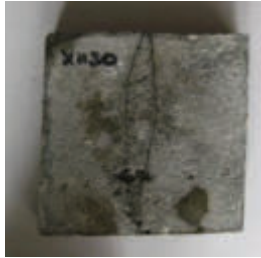
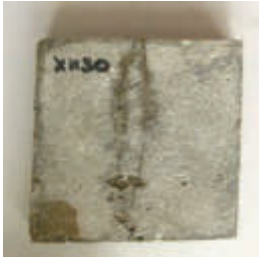
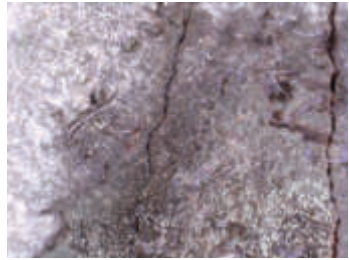
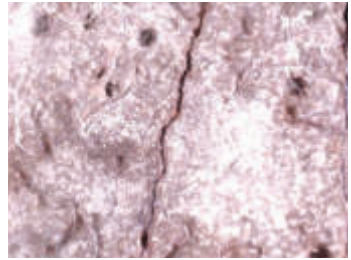
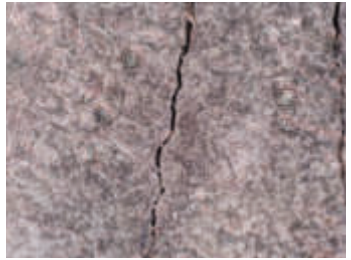
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CH29 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference

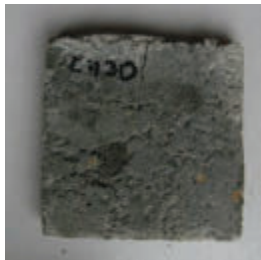


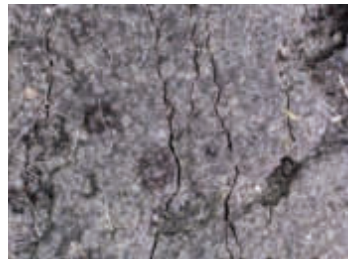






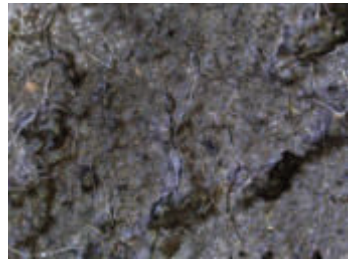

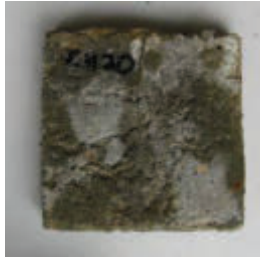


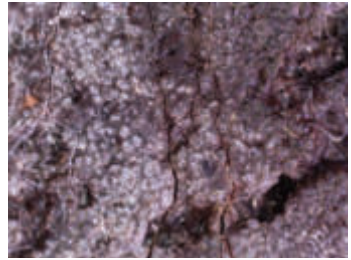
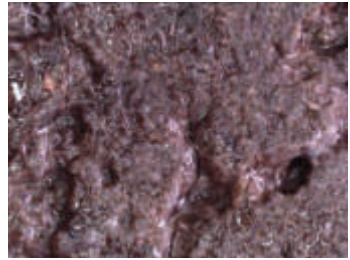

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII30 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování

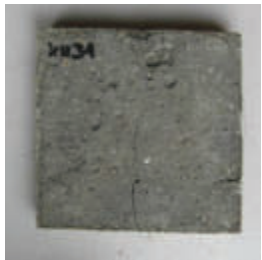
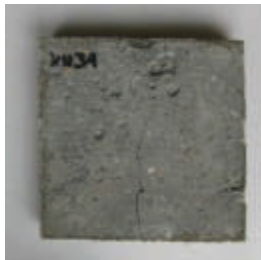
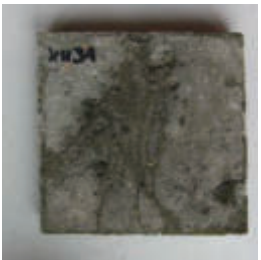
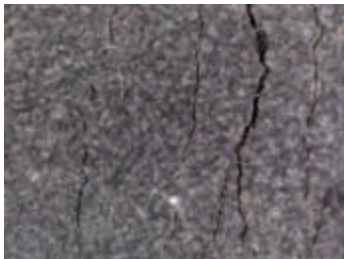
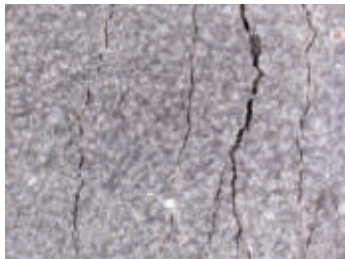


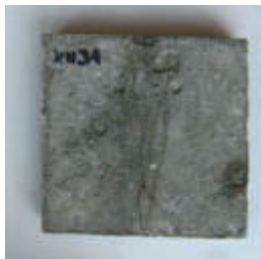


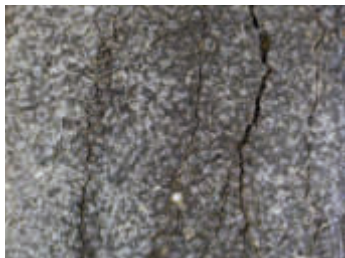




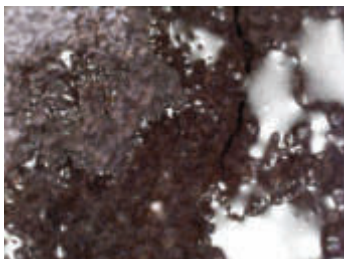
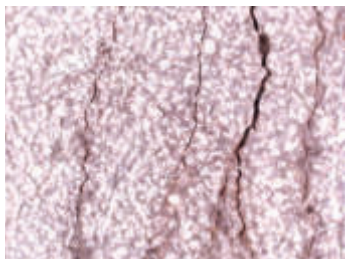

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI30 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference

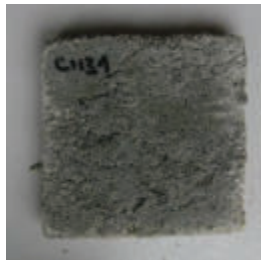


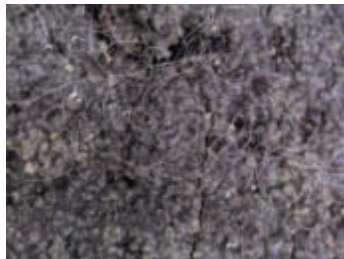


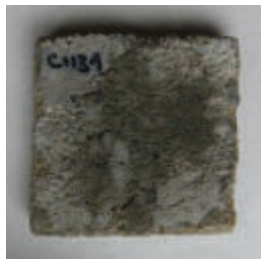



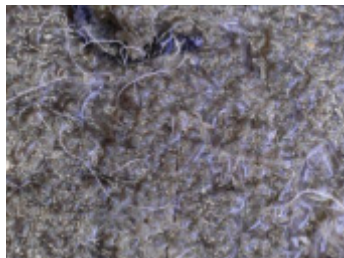




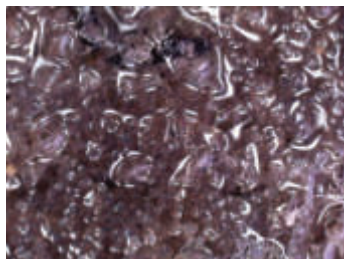
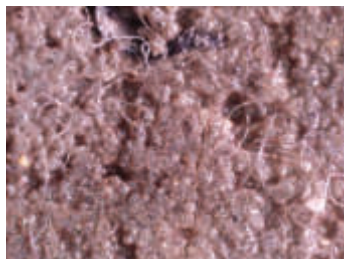
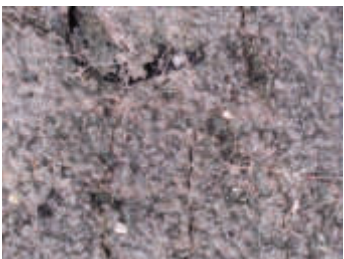
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII31 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování



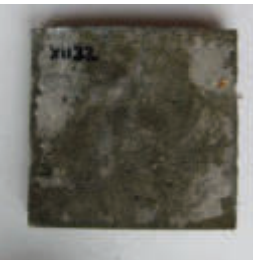


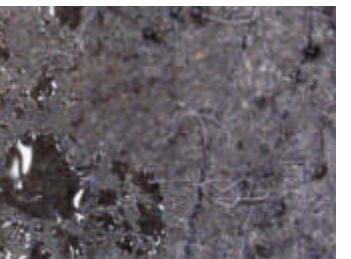

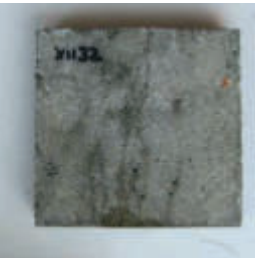


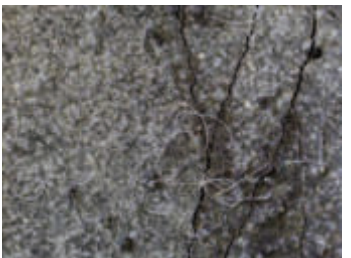
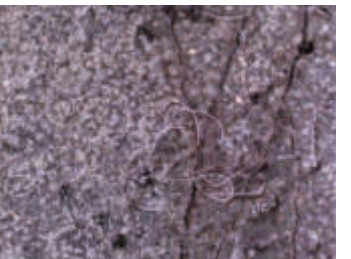
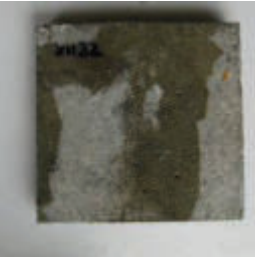


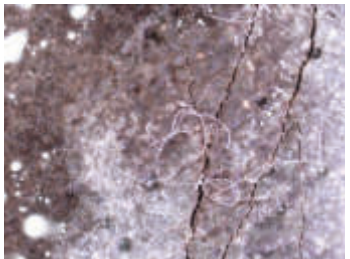
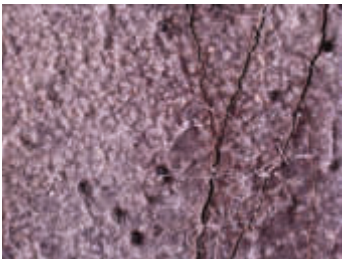

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI31 – Těleso vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference




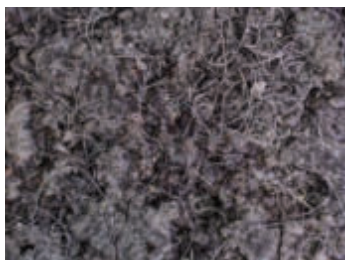







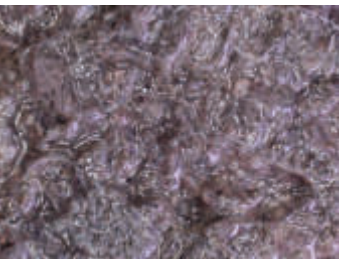




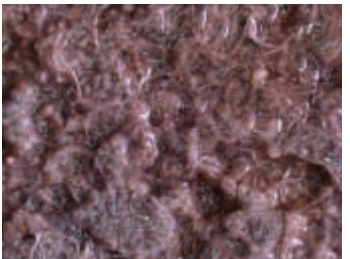

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII32 – Tělo vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování


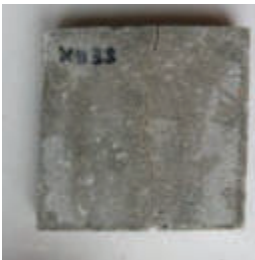


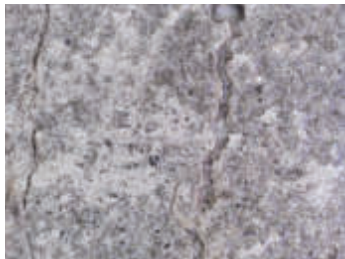
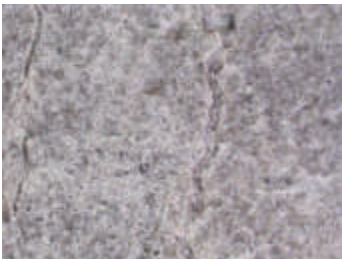
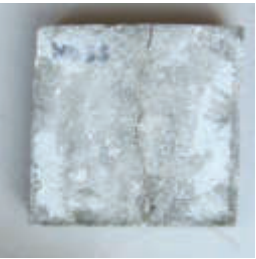
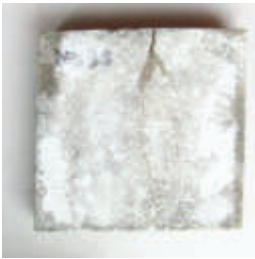
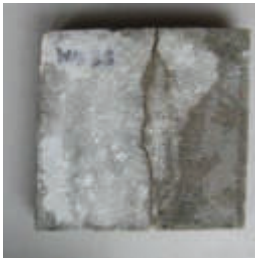

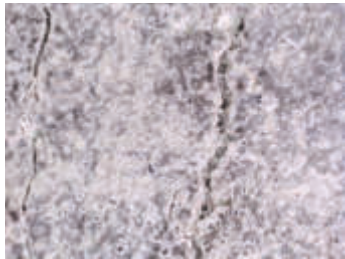







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI32 – Tělo vystavené prostředí po 21 dnech od ukončení ošetřování, reference

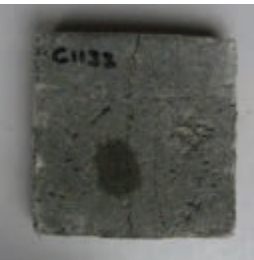
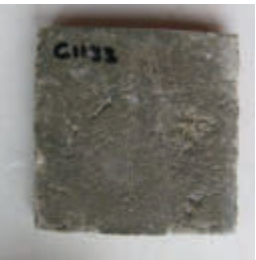


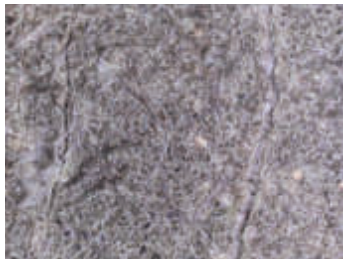
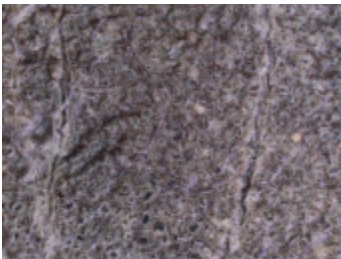



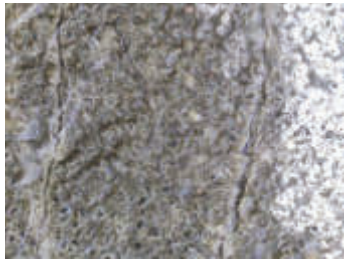
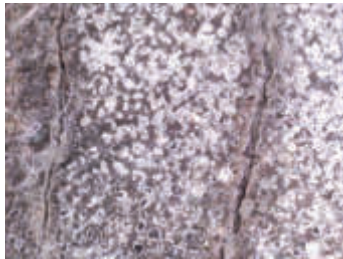





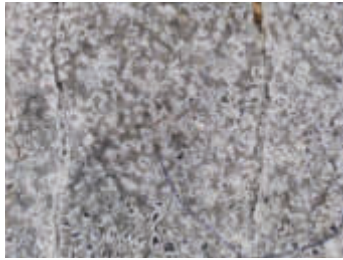

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII33 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

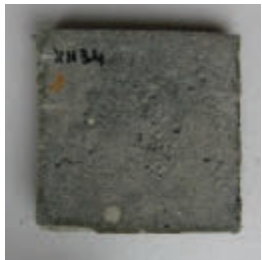
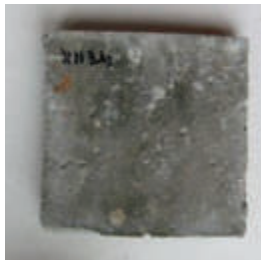

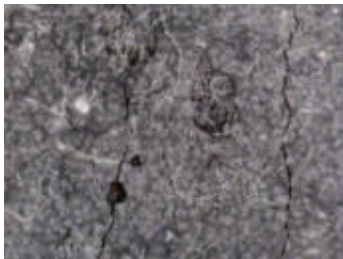
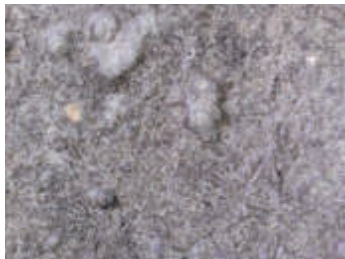
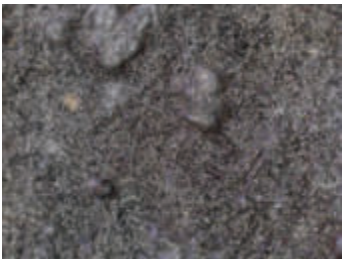
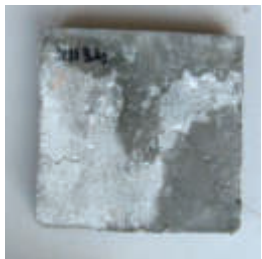
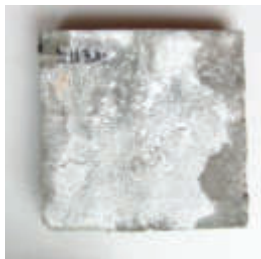
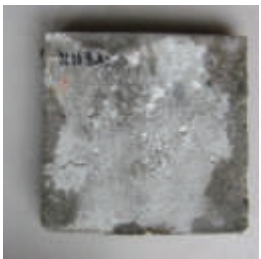



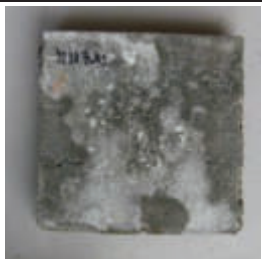


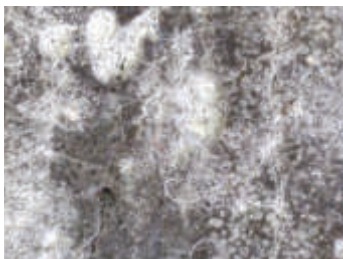


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI33 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference

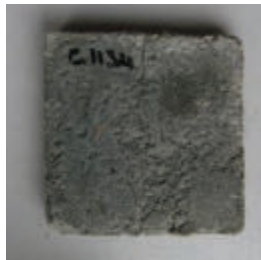


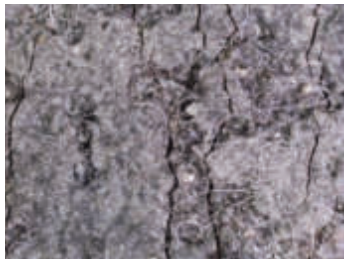





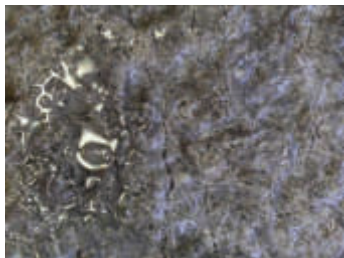






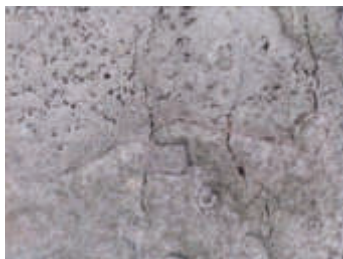
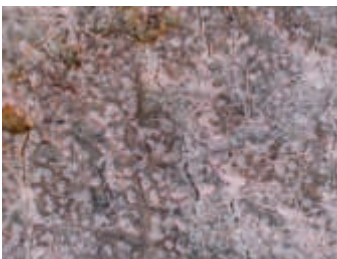
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII34 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

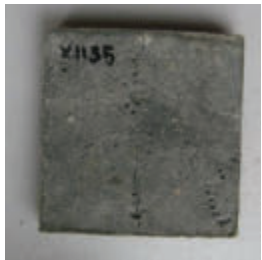
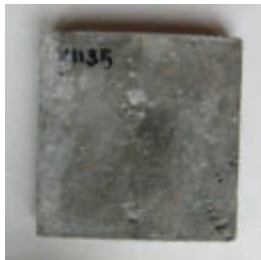

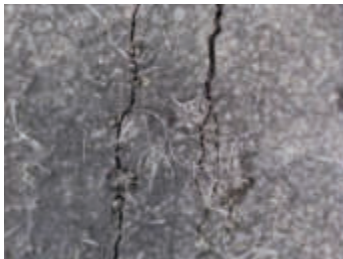


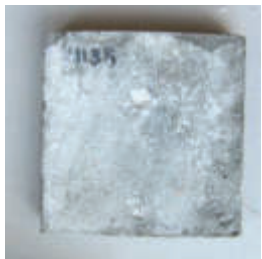



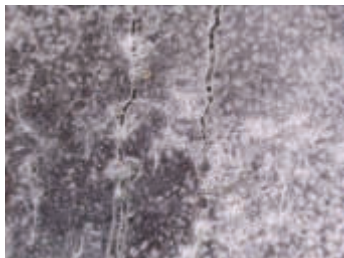







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI34 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference

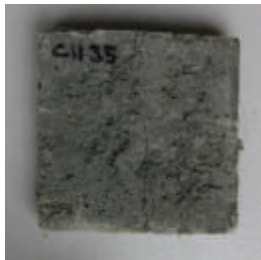
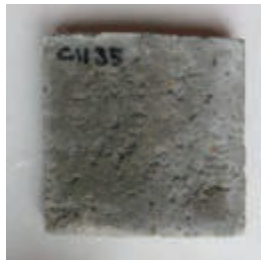
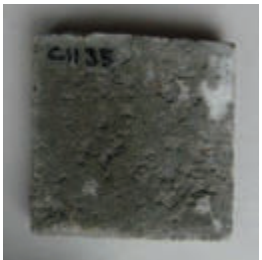

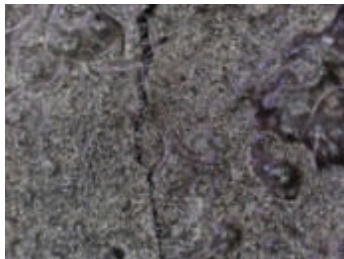

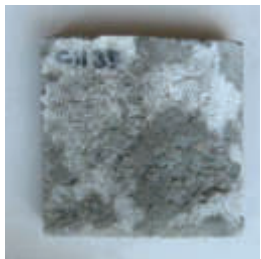

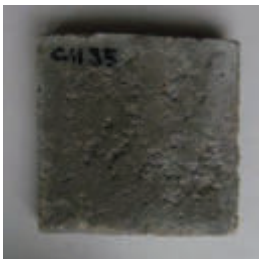
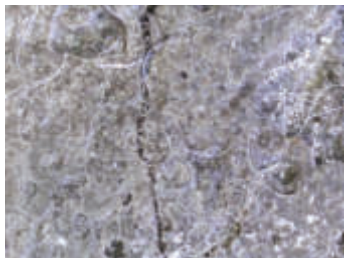





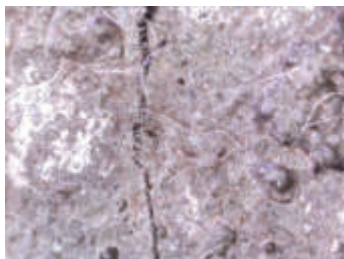

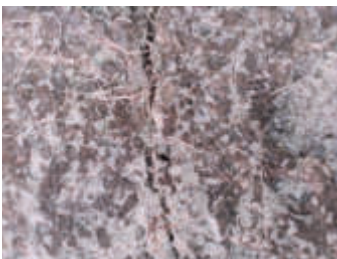
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII35 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování


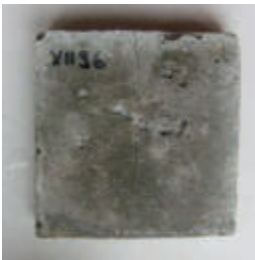

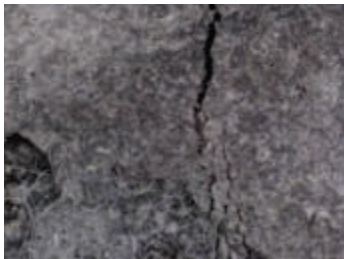





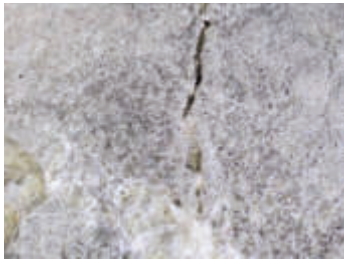





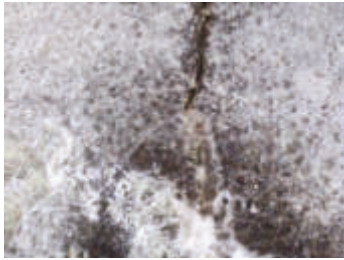
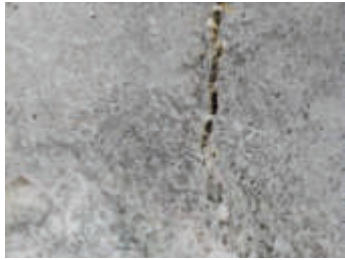
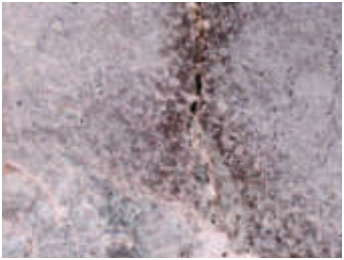
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII35 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference


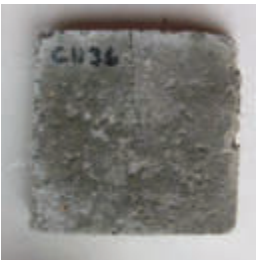





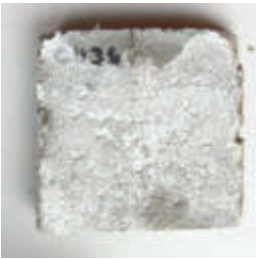
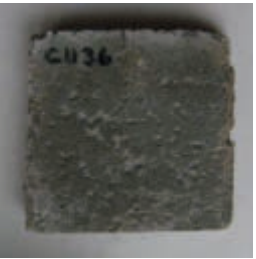








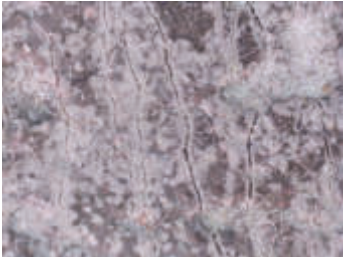
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII36 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

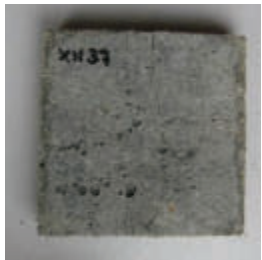
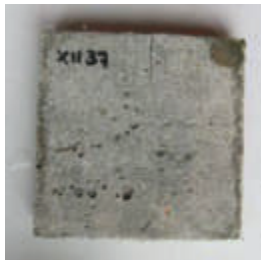









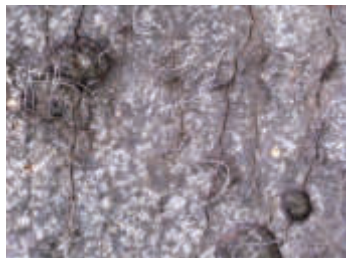



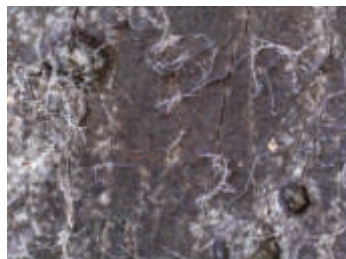
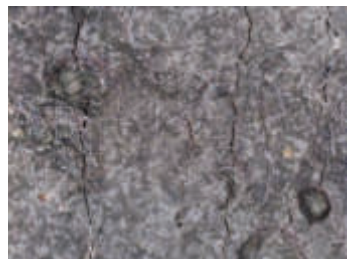

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI36 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference




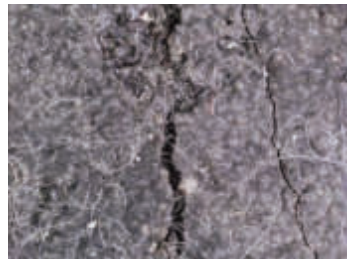
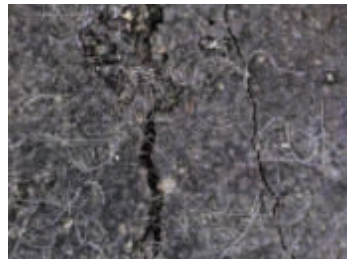
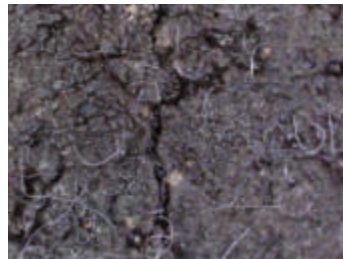









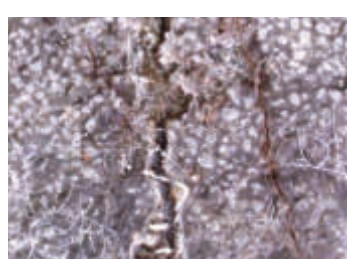
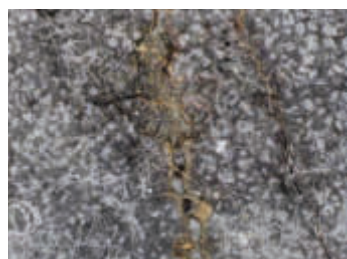
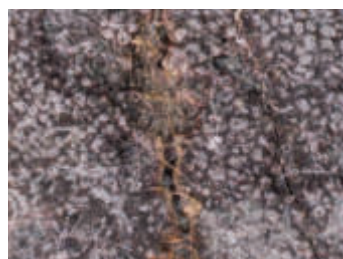
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII37 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

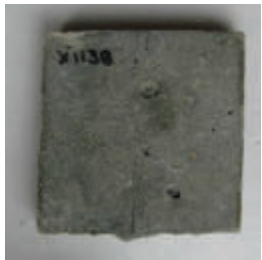

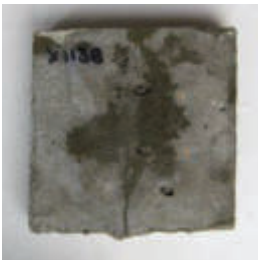
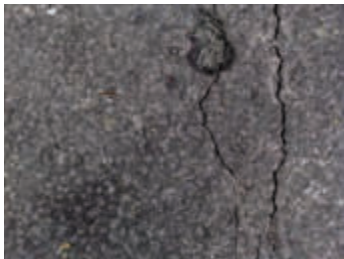

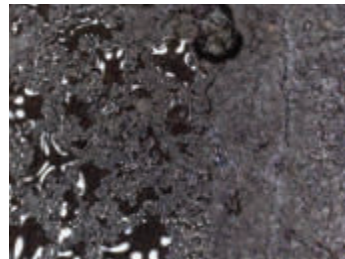
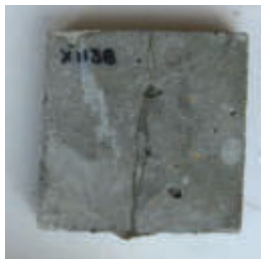






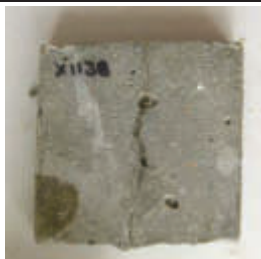

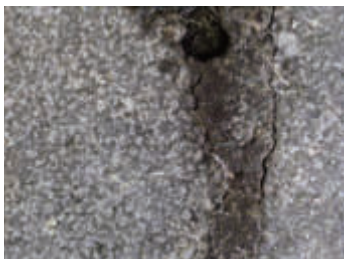


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI37 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference

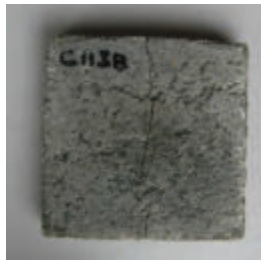
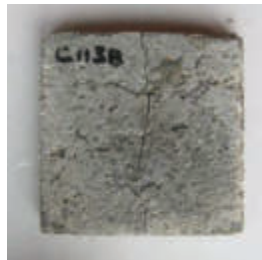

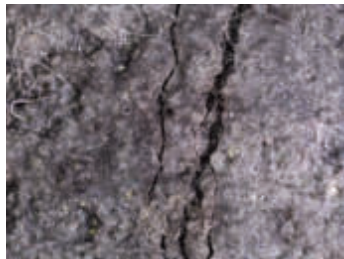


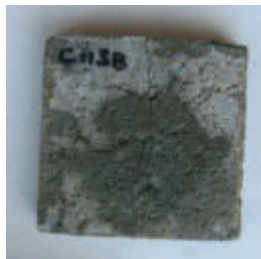

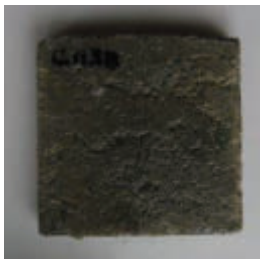
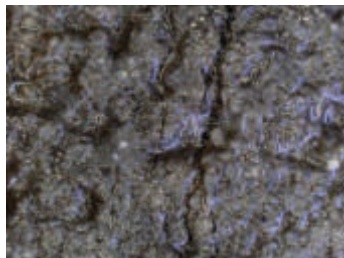
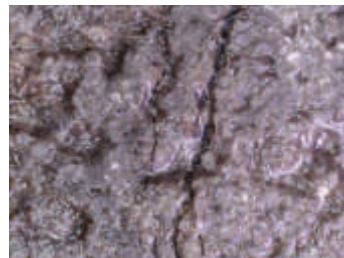
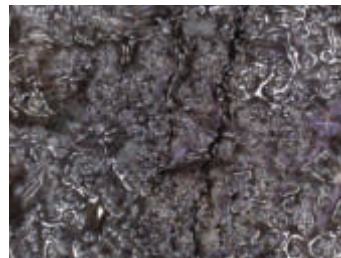




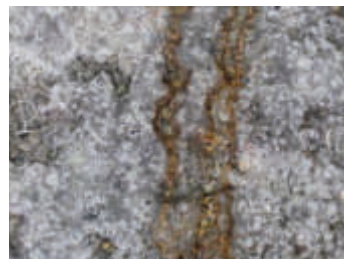

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII38 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

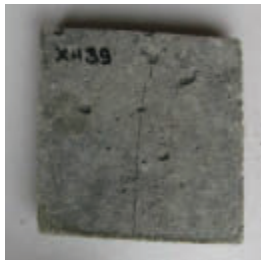


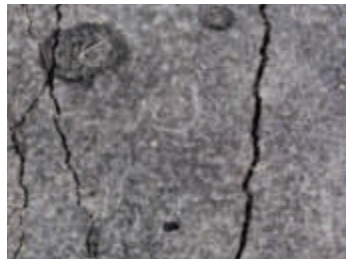
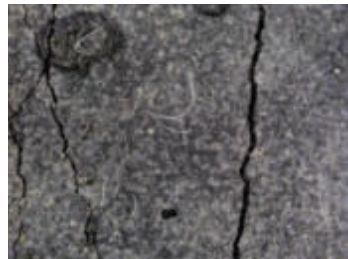
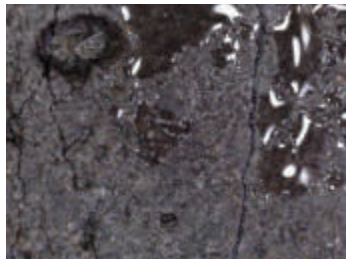



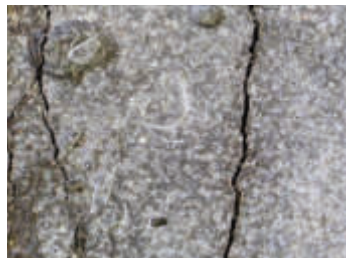








	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI38 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference




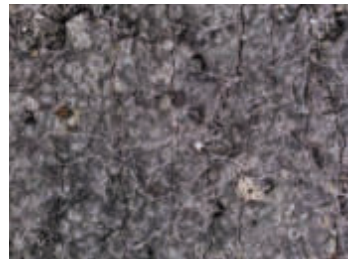
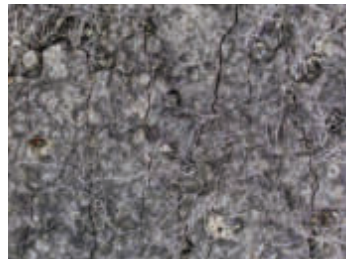











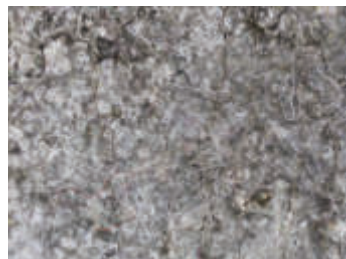
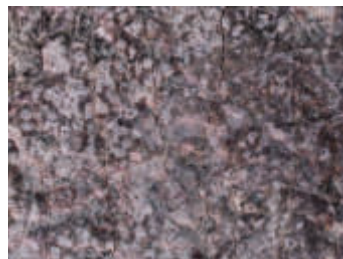
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII39 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování

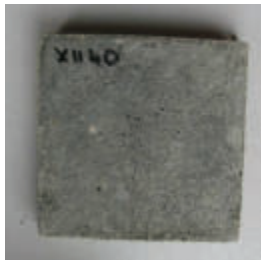
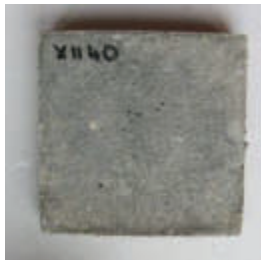
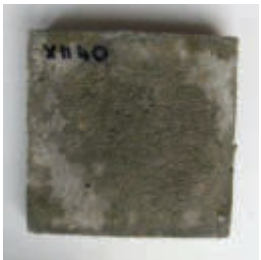

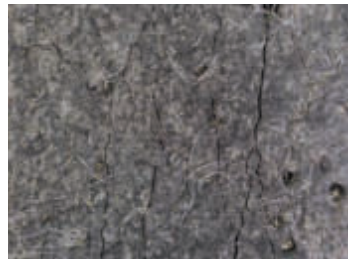
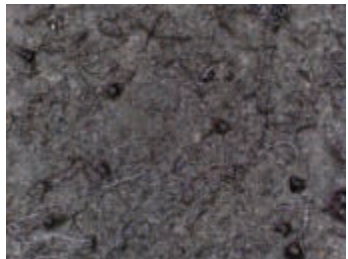


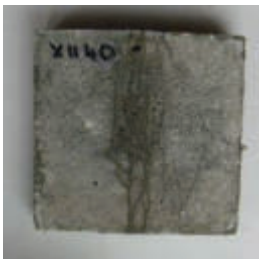


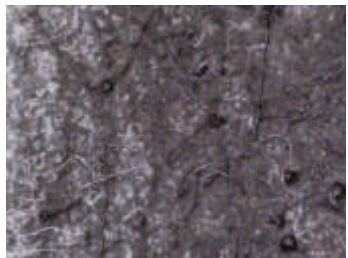


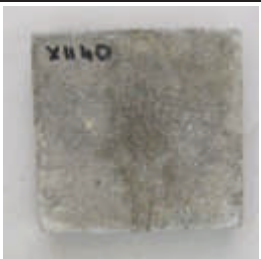


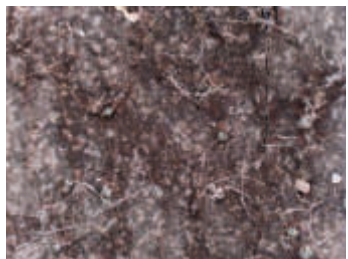
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI39 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference





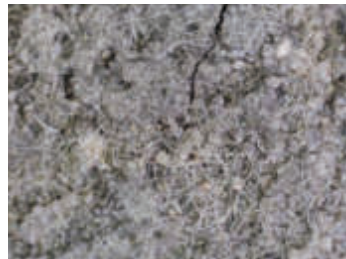



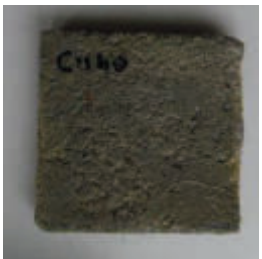
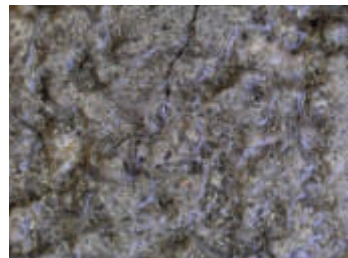





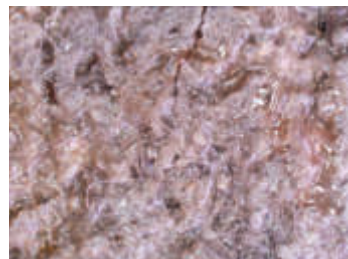


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII40 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování



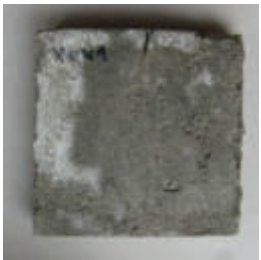


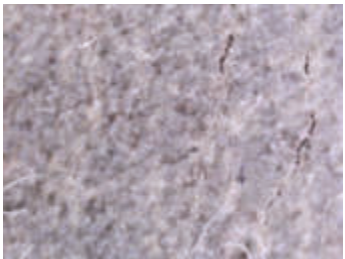










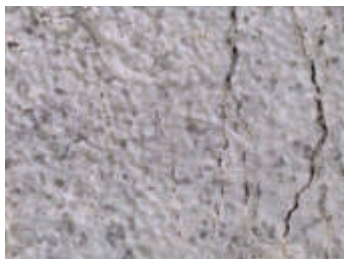

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII40 – Těleso vystavené prostředí po 28 dnech od ukončení ošetřování, reference

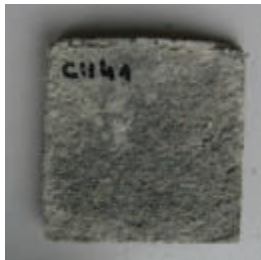

















	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII41 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování


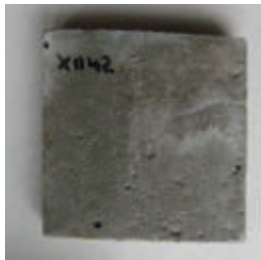



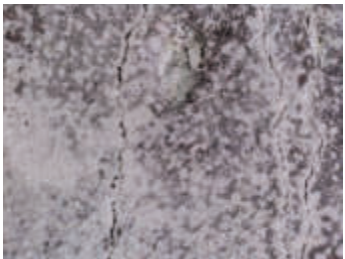
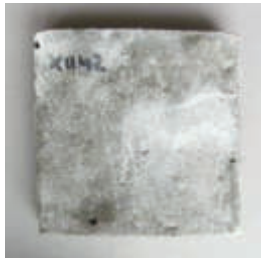
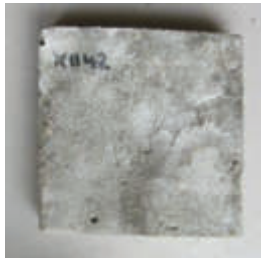
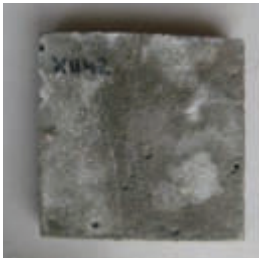





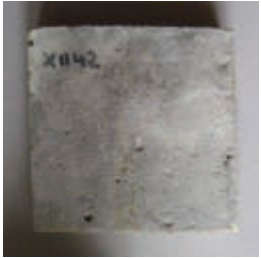


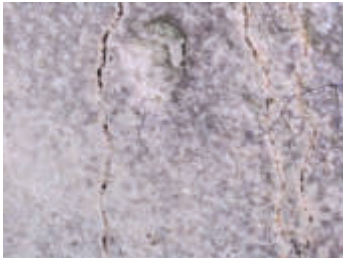
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII41 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

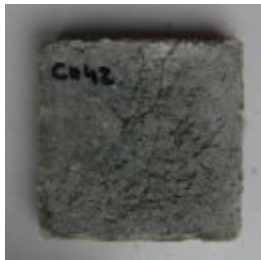
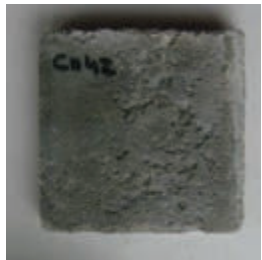

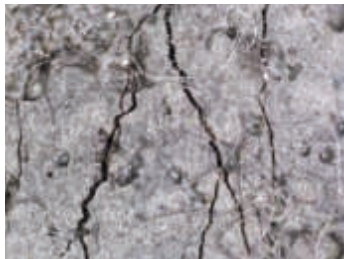
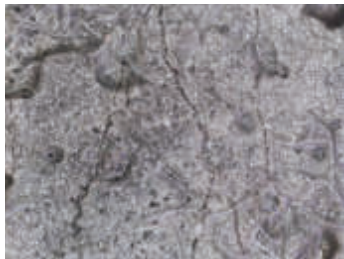




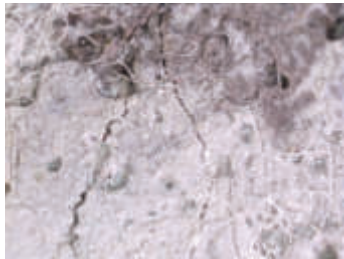
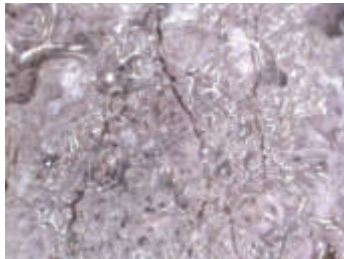
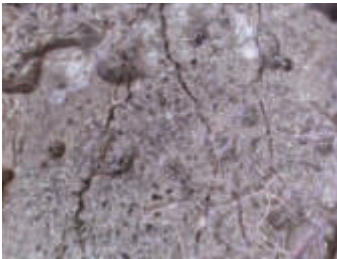





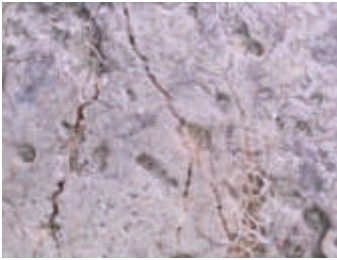
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII42 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování


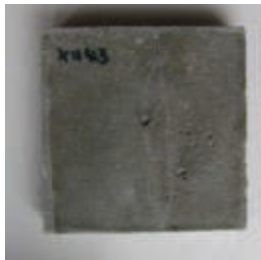

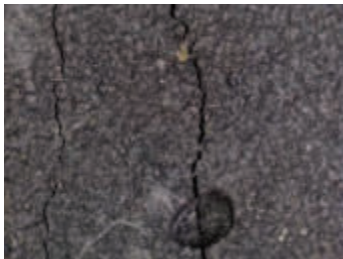



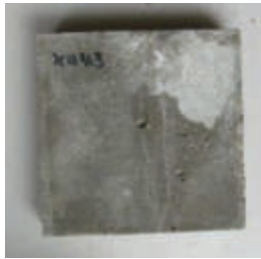
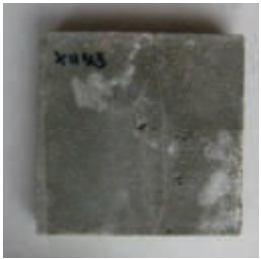

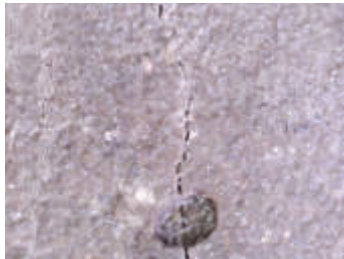






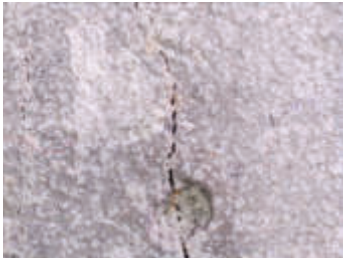
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII42 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

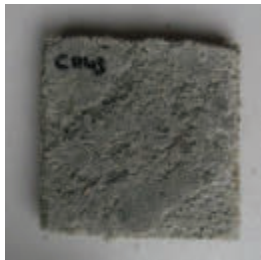
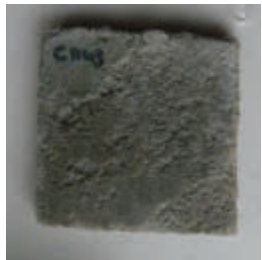

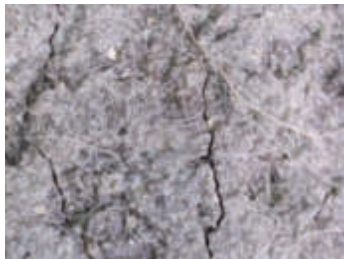

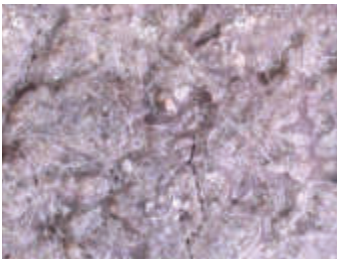
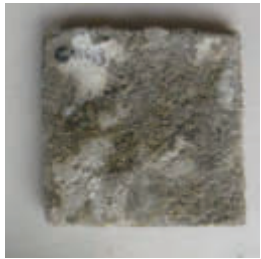
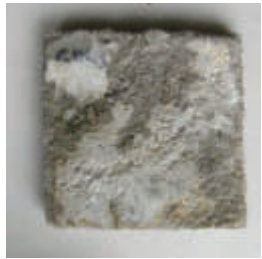

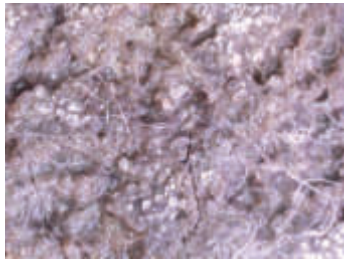

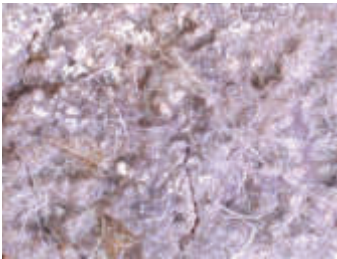




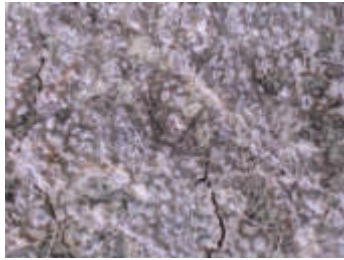

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII43 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování

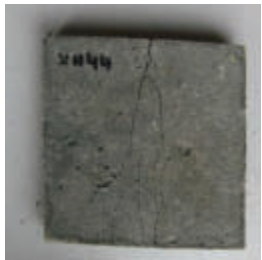
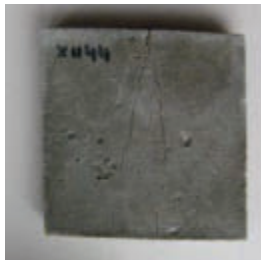



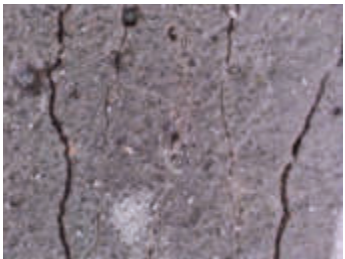

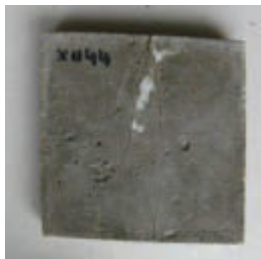









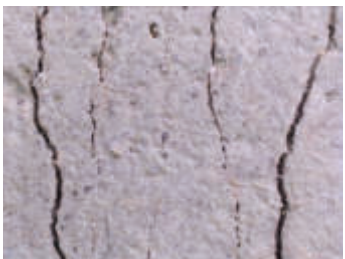
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII43 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

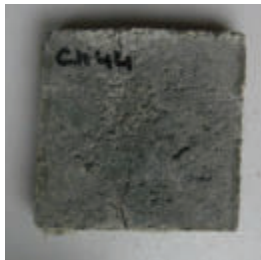






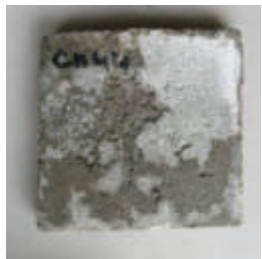










	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII44 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování

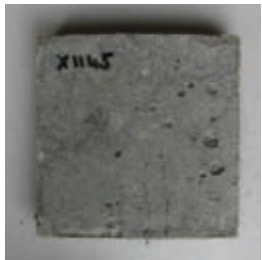




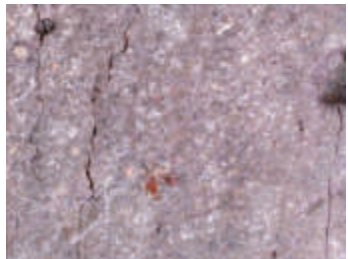

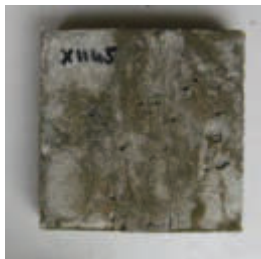


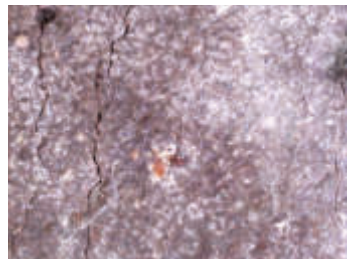






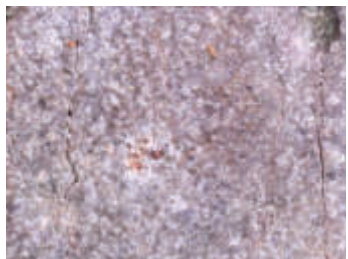
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII44 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

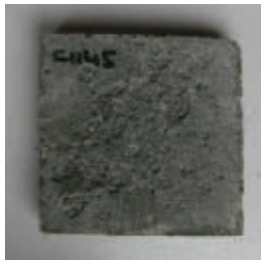
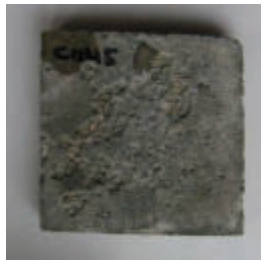
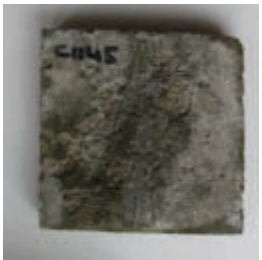
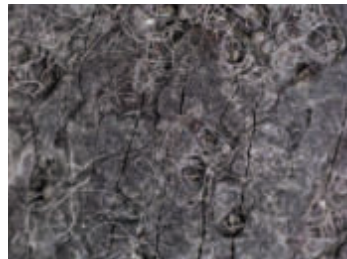

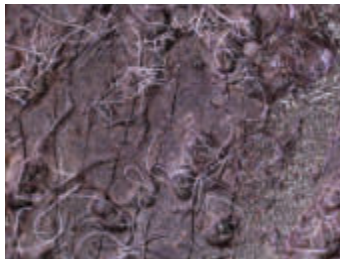
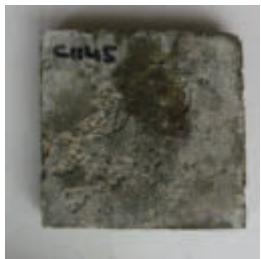
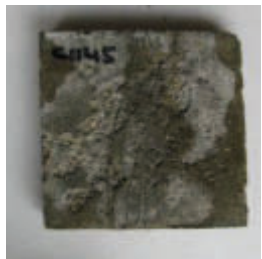
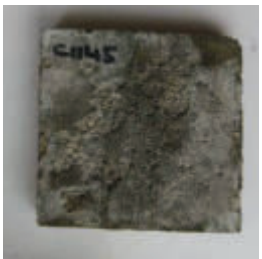
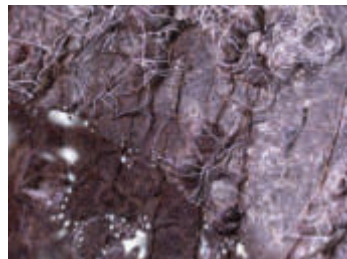
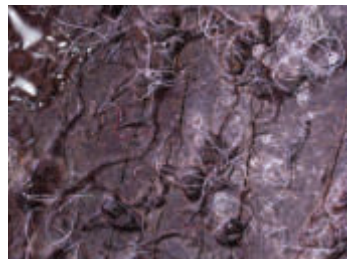




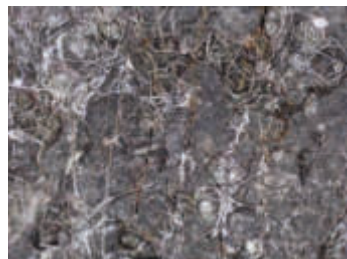
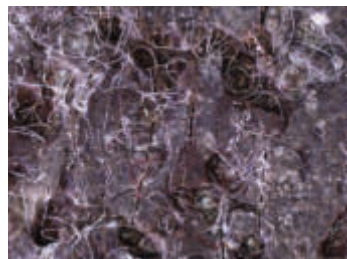

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII45 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování

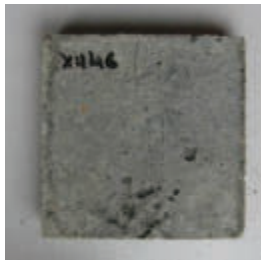



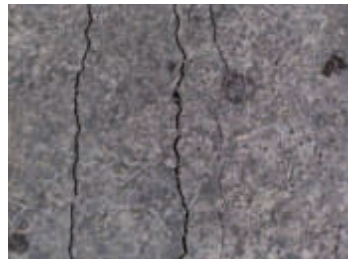




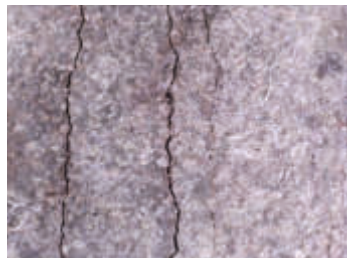
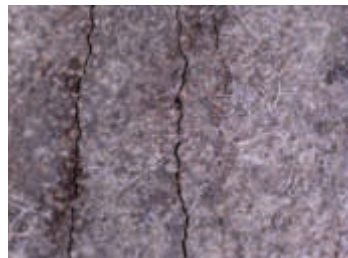
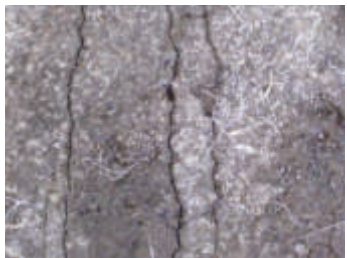



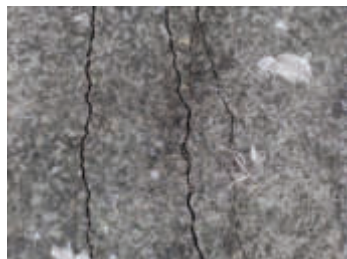
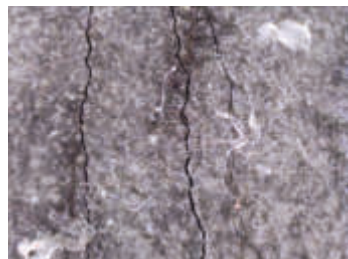

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII45 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

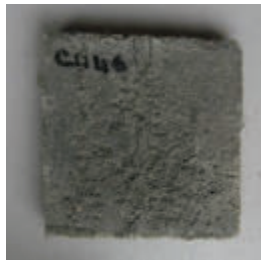


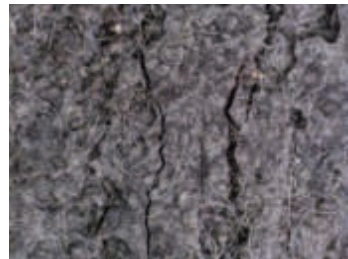

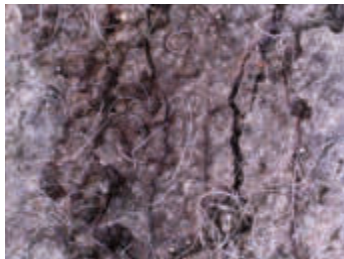
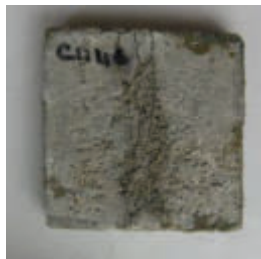


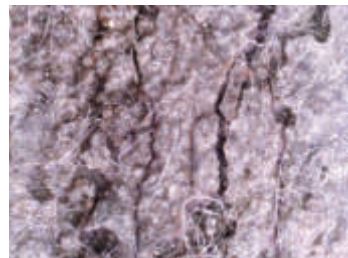
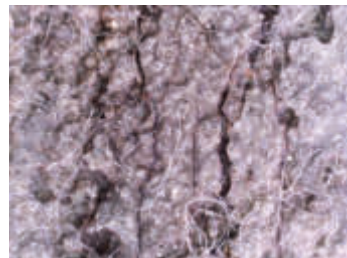
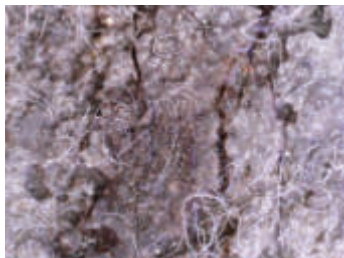






	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII46 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování


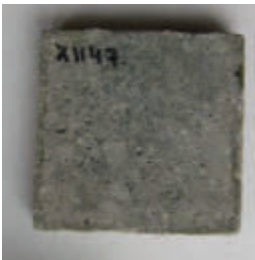

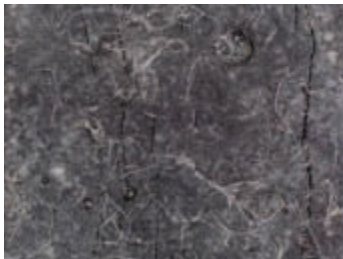



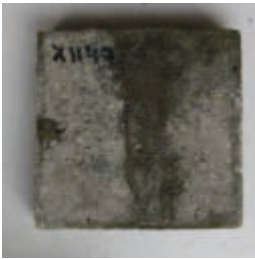

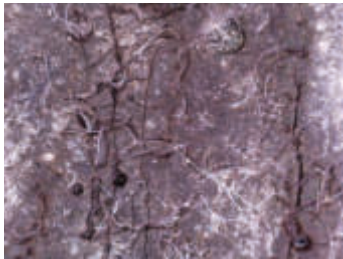
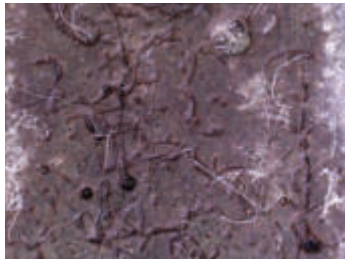
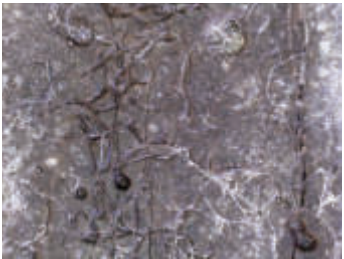



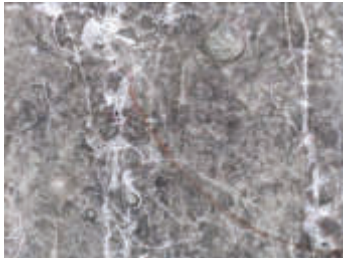
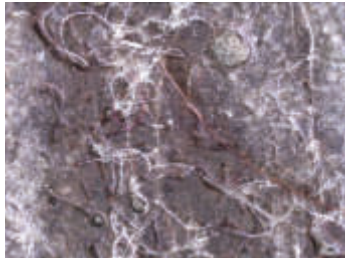
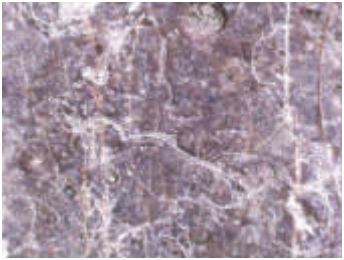
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII46 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference
















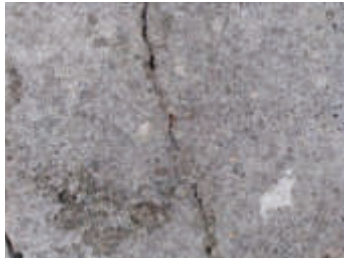
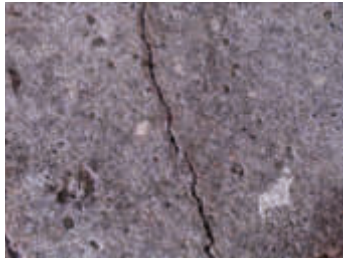
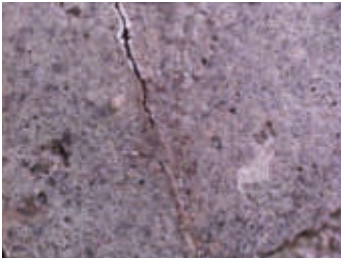
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII47 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování

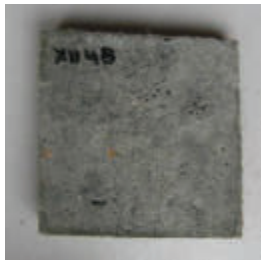


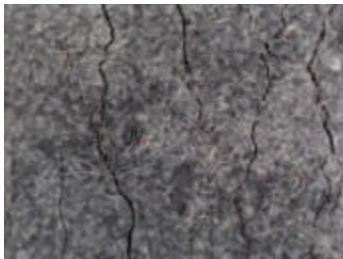
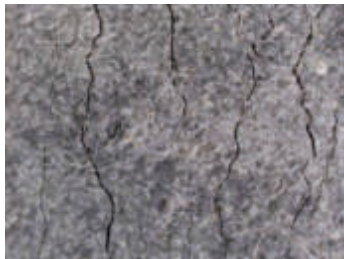
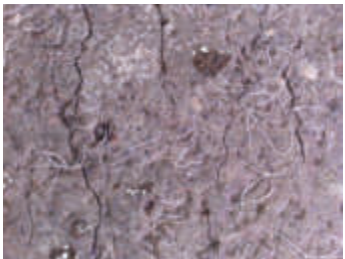
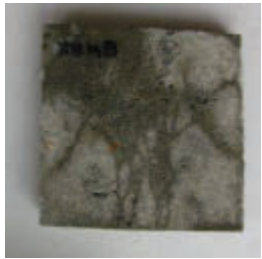

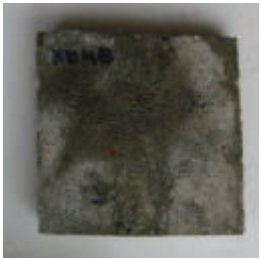

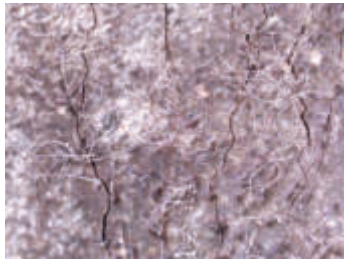


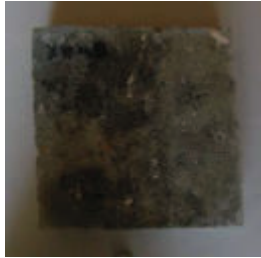

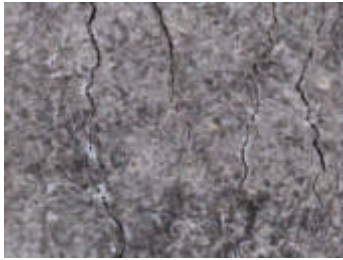

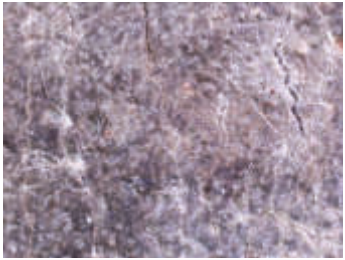
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII47 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování, reference

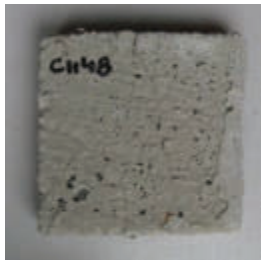
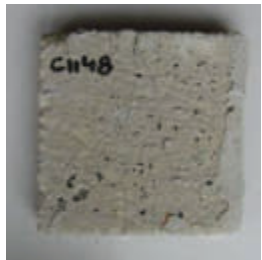

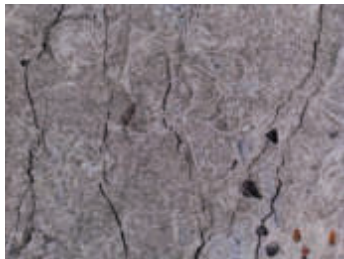









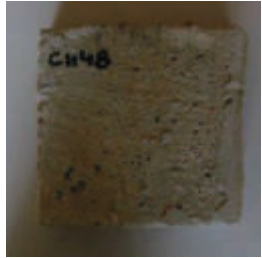




	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII48 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování

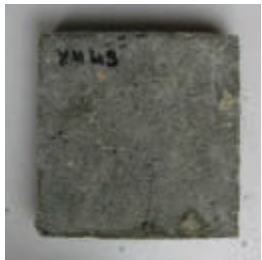



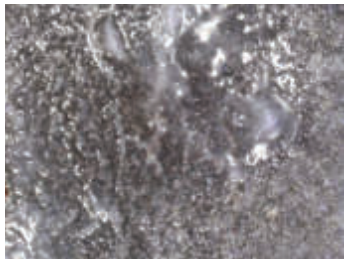





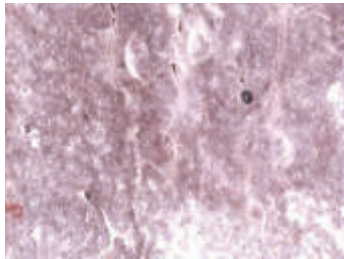




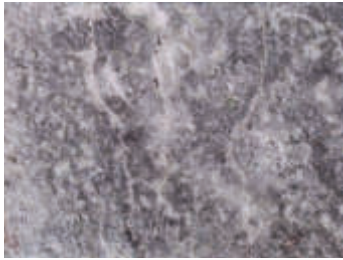
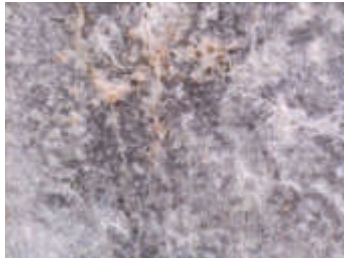
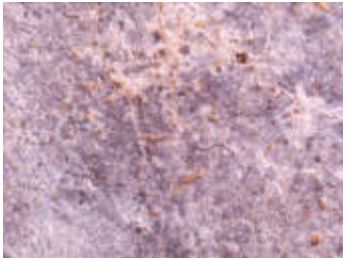
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII48 – Těleso vystavené prostředí po 2 měsících od ukončení ošetřování


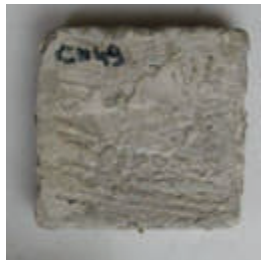








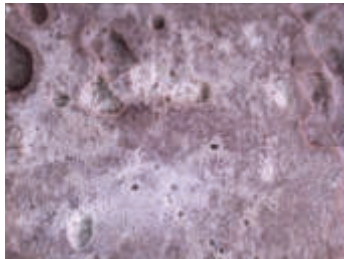





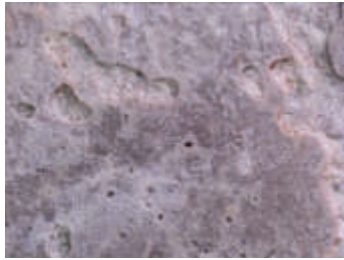
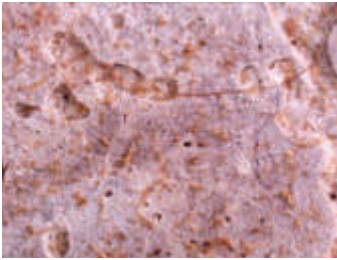
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII49 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování

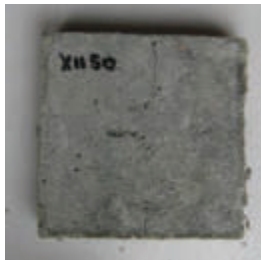
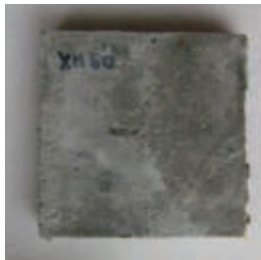




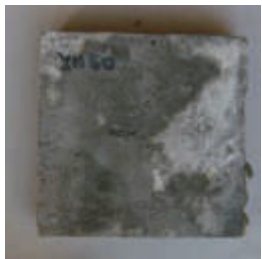
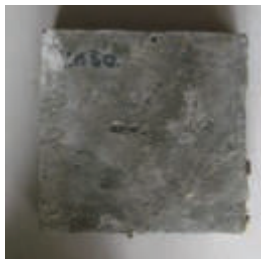

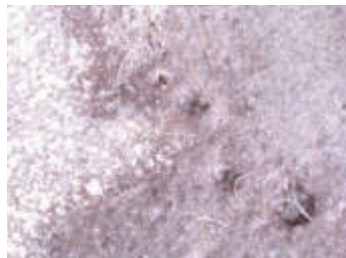
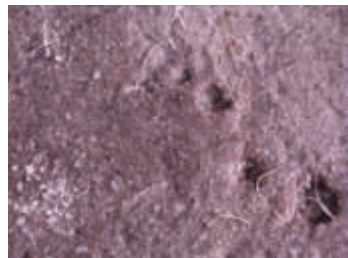







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII49 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference










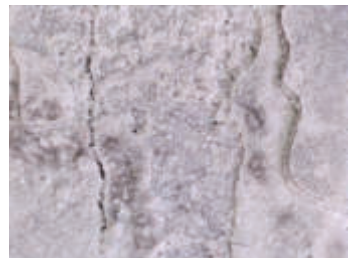








	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII50 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování**


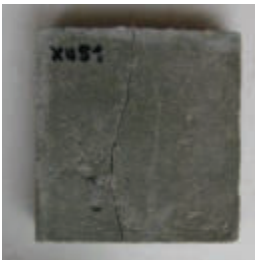

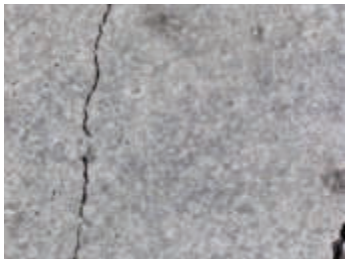
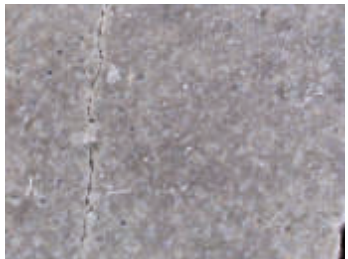
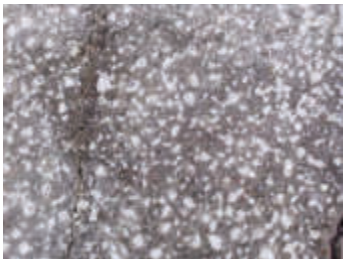



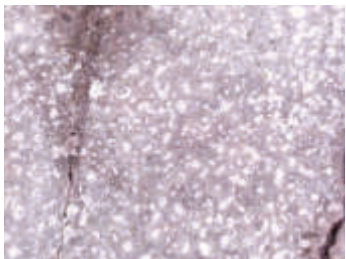
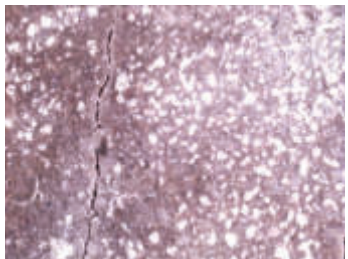





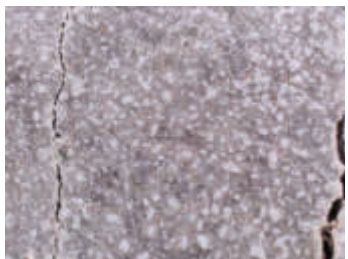
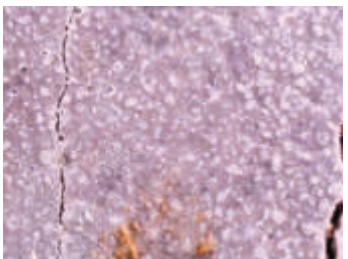
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII50 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování**



















	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII51 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování

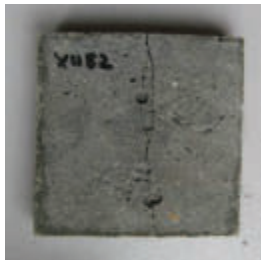




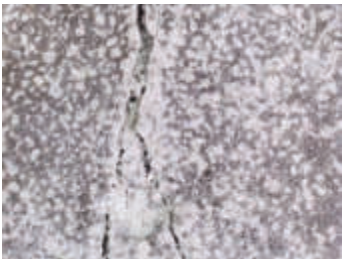



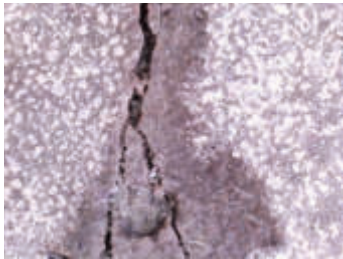
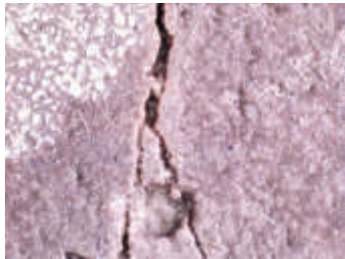
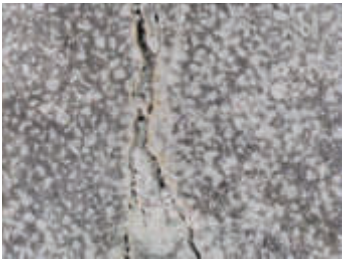




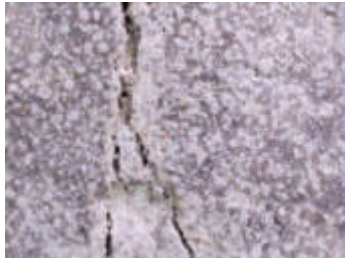

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII51 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference


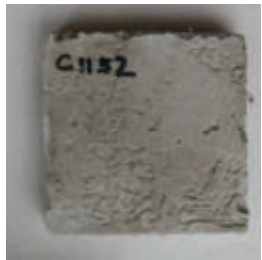



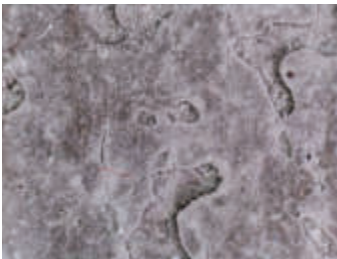





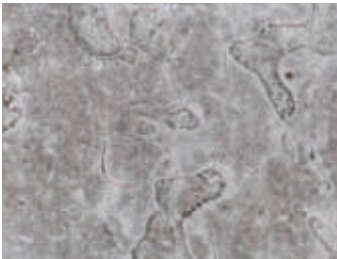



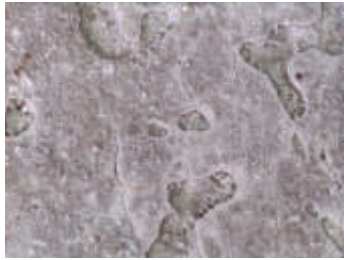
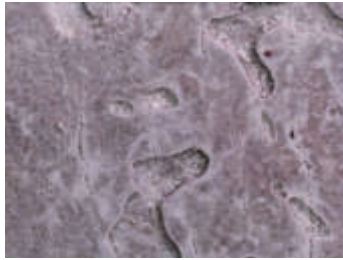
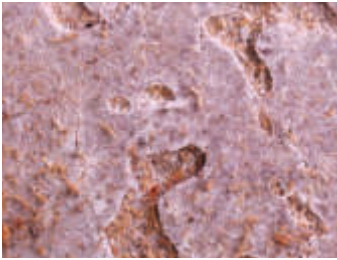
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII52 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování

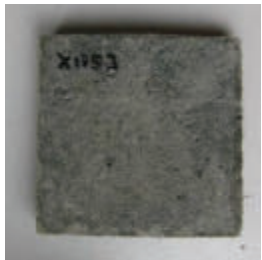



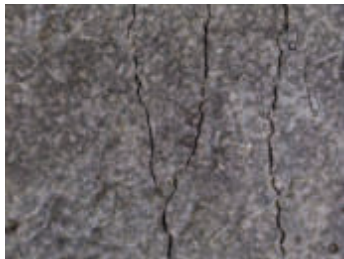




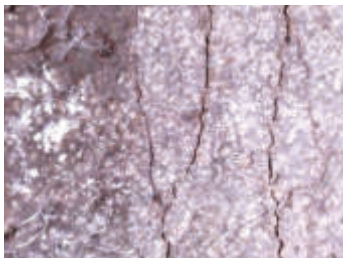
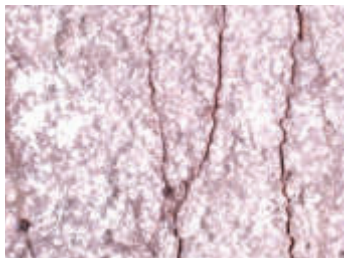





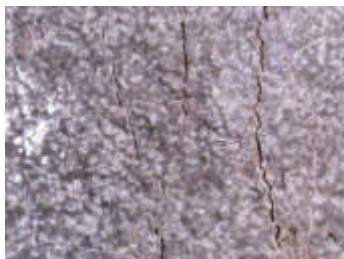

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII52 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference





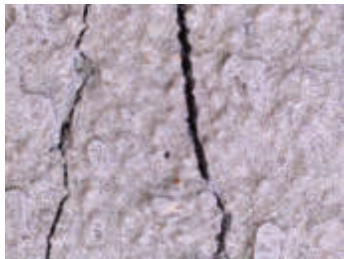




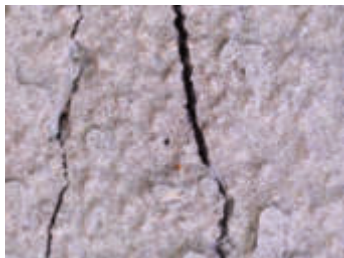
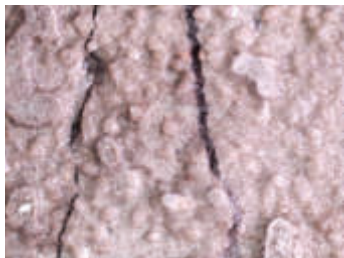
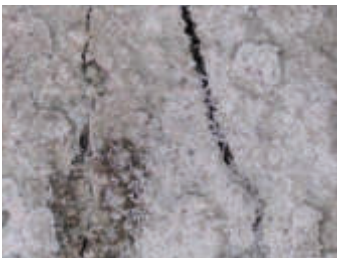



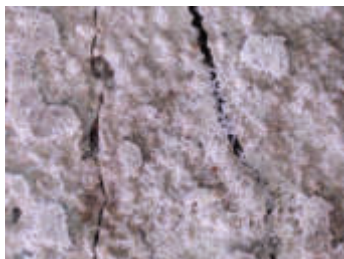
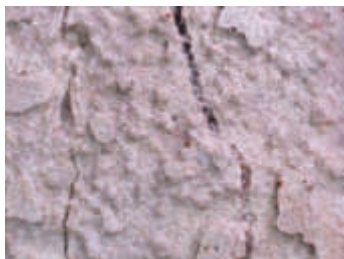

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII53 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování




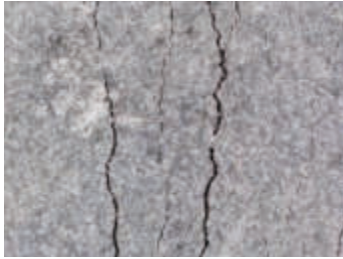
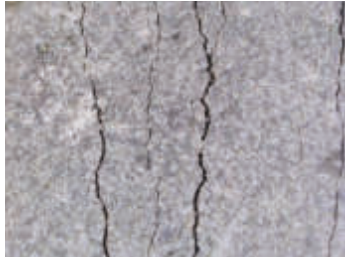
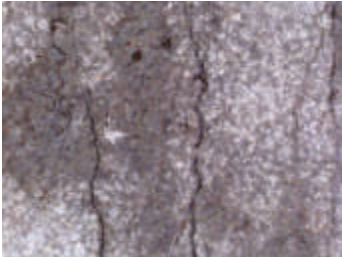

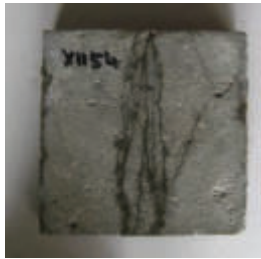

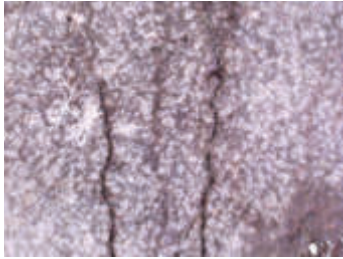
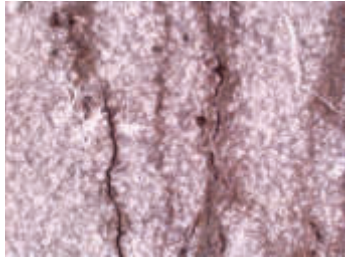
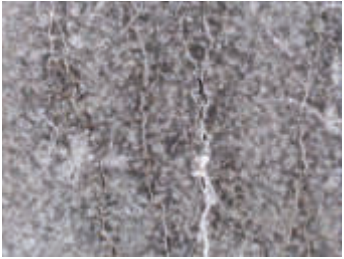



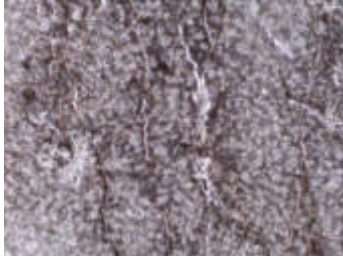
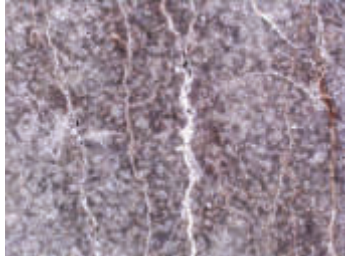
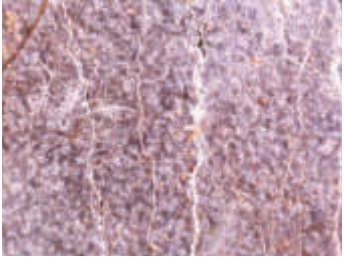
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII53 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference




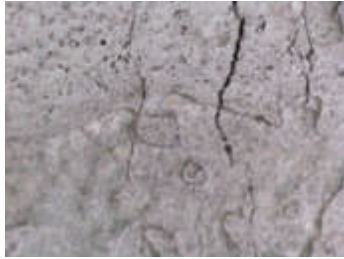

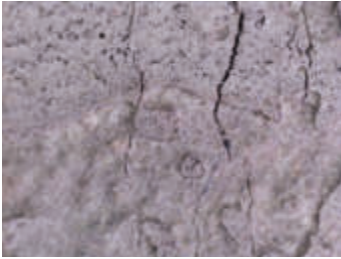



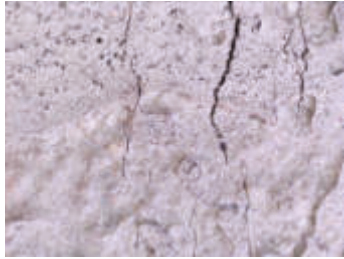



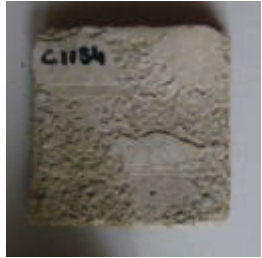




	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII54 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování**

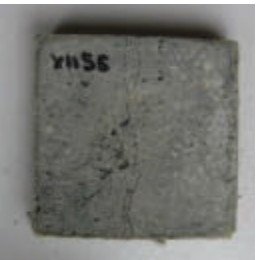
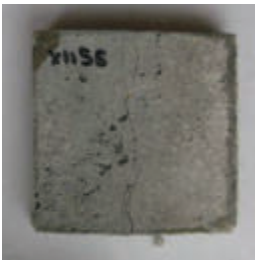
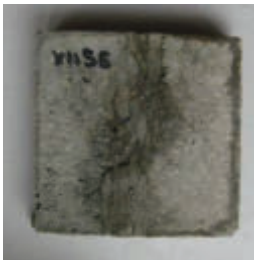




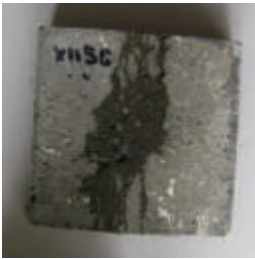

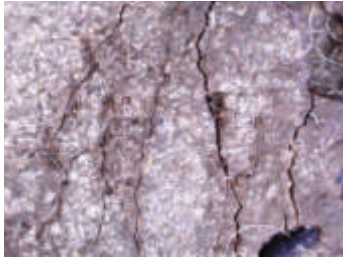
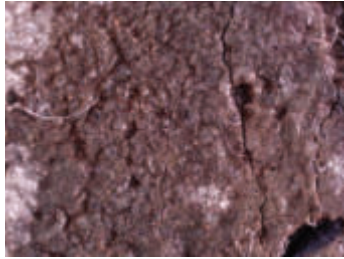







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII54 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference**










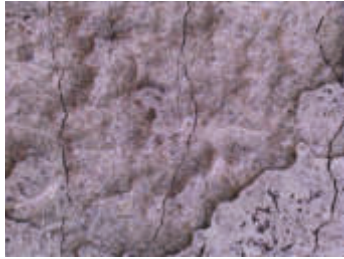








	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII55 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování


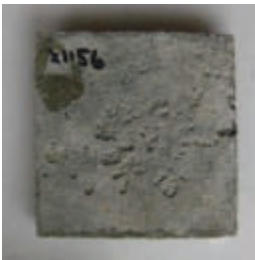
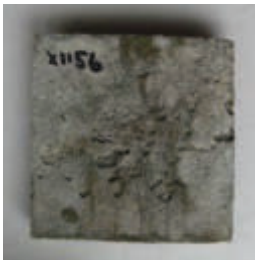
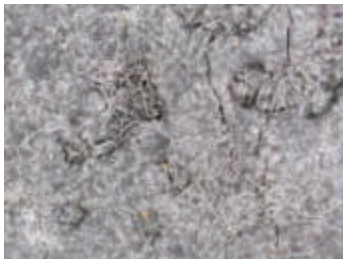

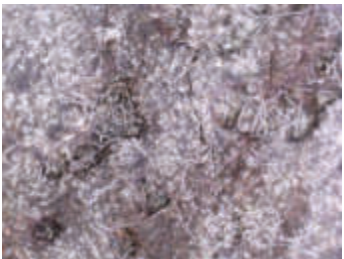

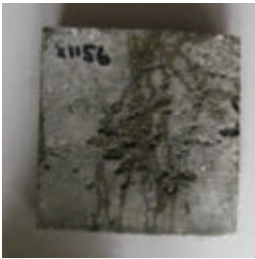

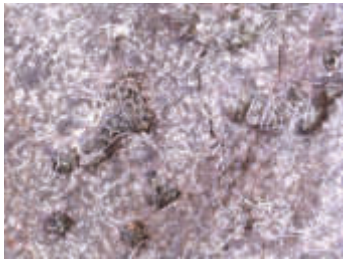
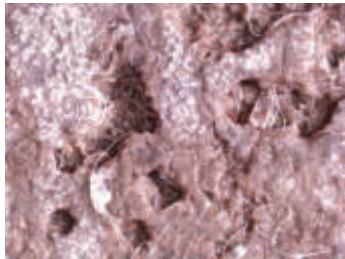







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII55 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference




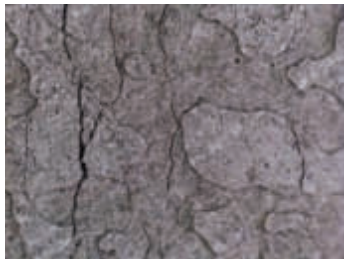




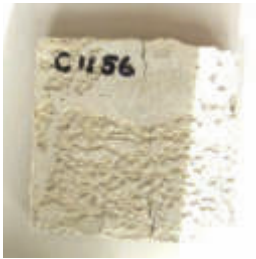
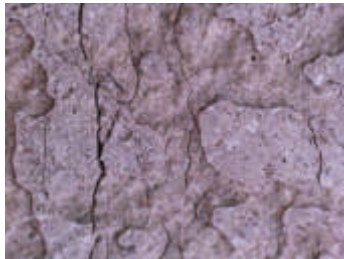
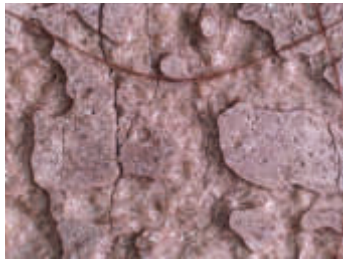




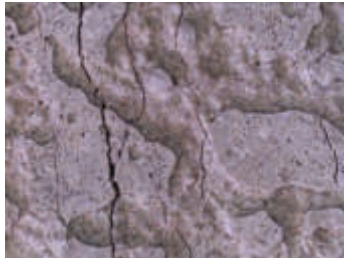


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII56 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování**




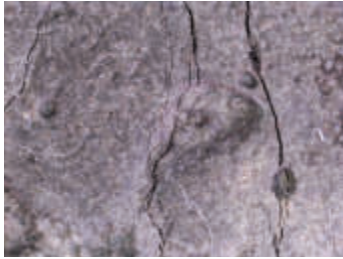
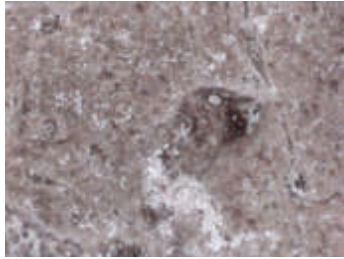
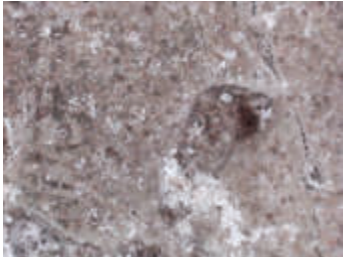



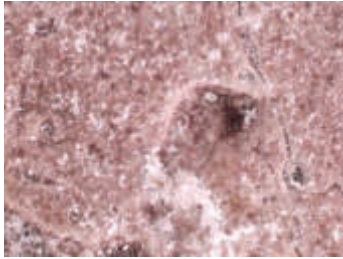
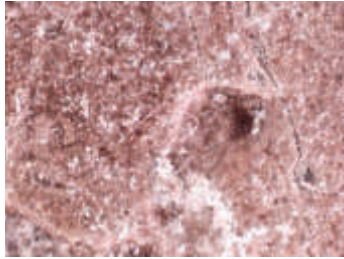
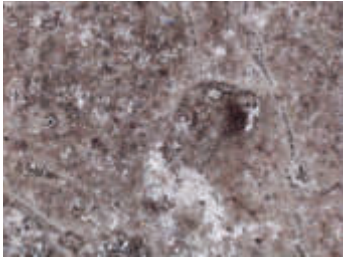



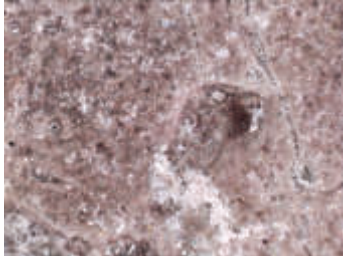
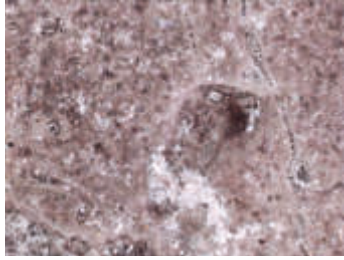

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII56 – Těleso vystavené prostředí po 3 měsících od ukončení ošetřování, reference**



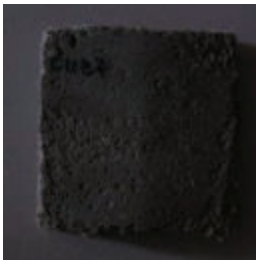
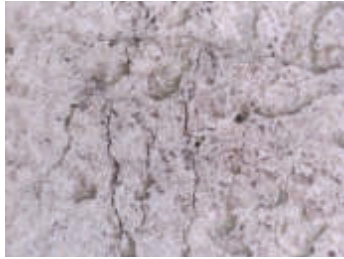






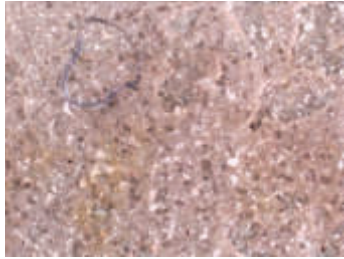







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII57 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování



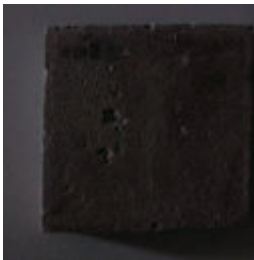
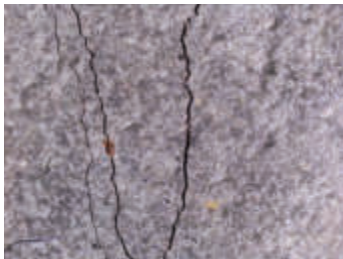

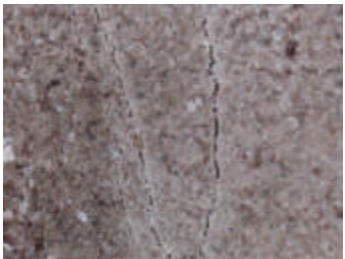



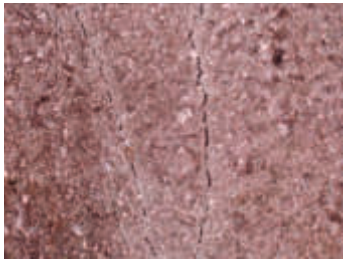
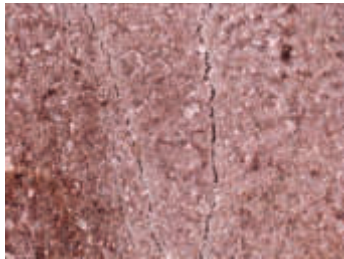




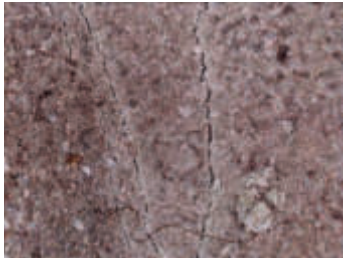
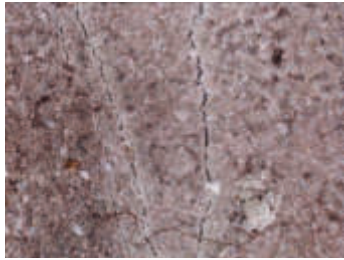
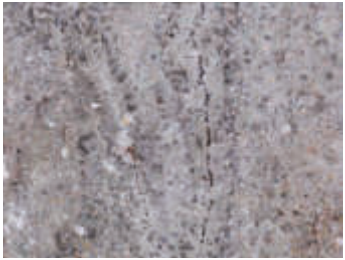
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI157 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference




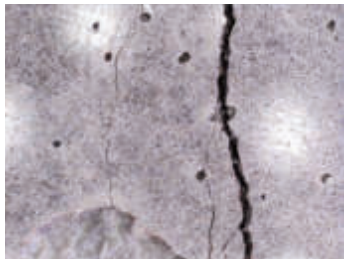

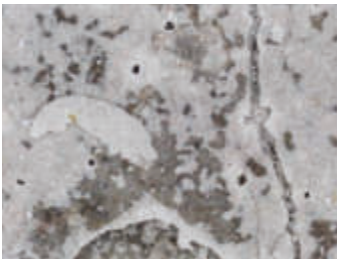



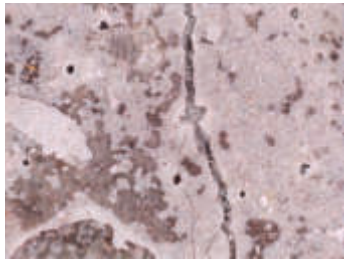
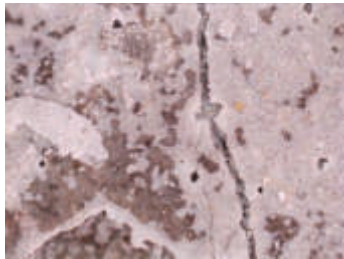




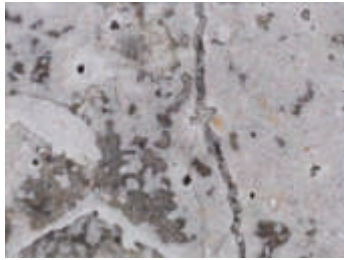


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII58 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování











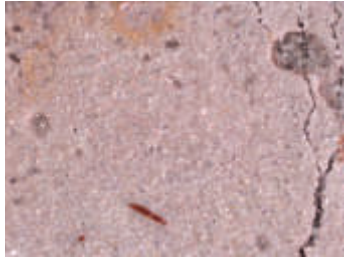
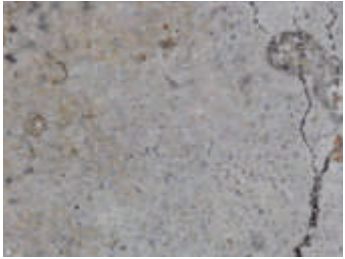



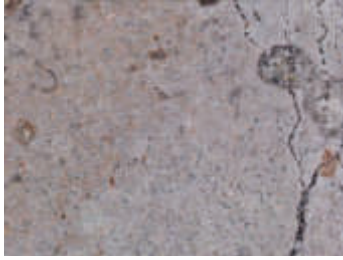

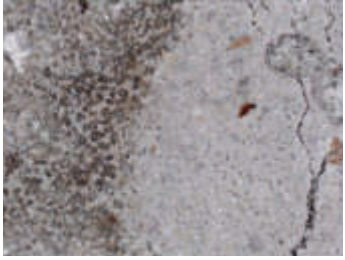
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII58 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference




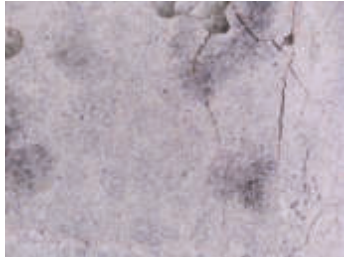
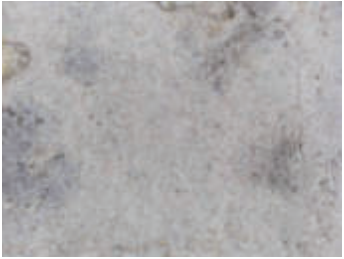
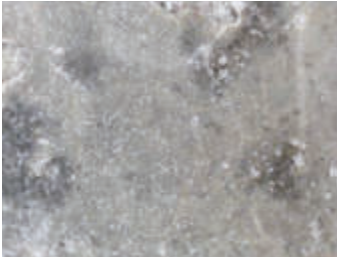



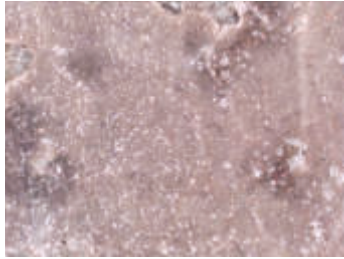
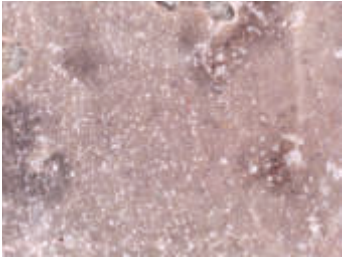
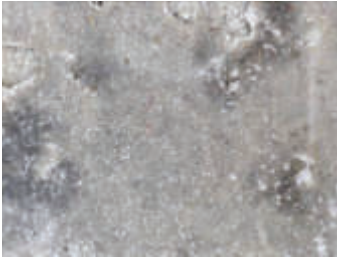



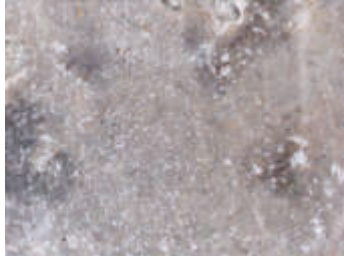
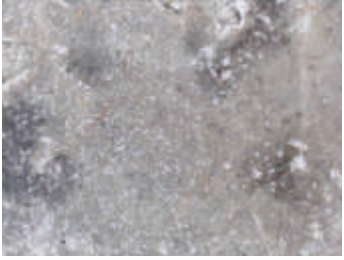

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



**XII59 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování**




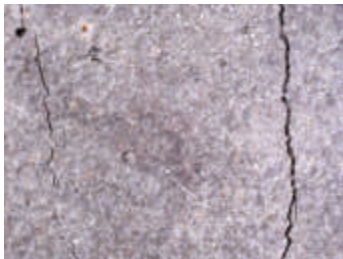
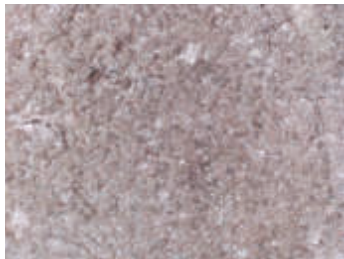




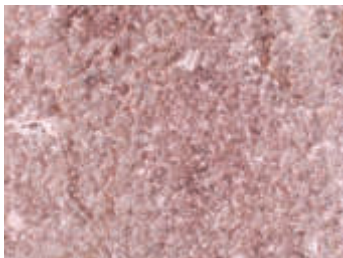






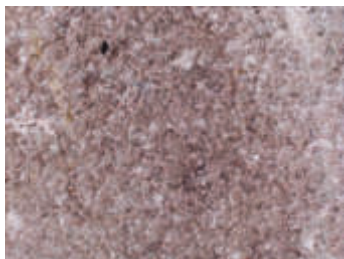

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

**CII59 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference**

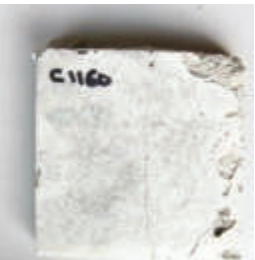





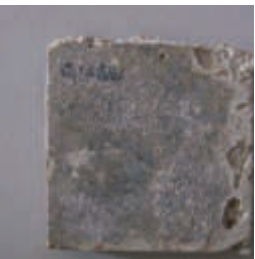




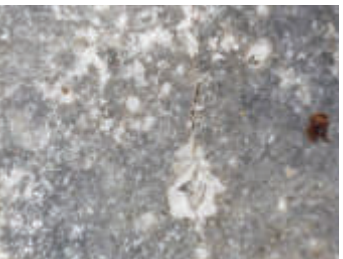



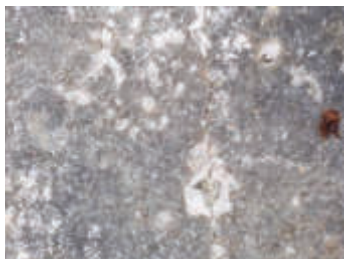
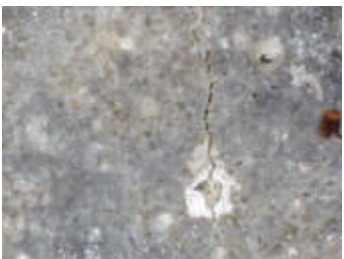

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII60 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování




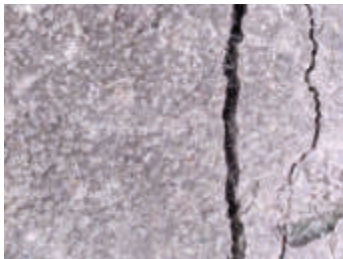
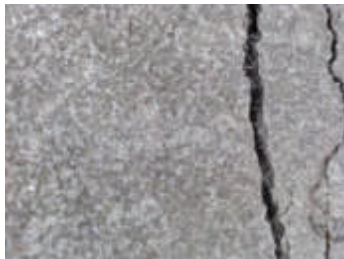





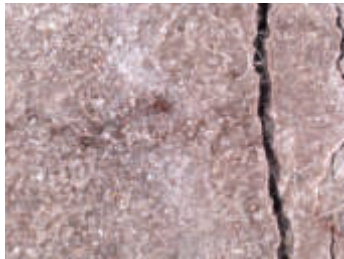







	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CII60 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference






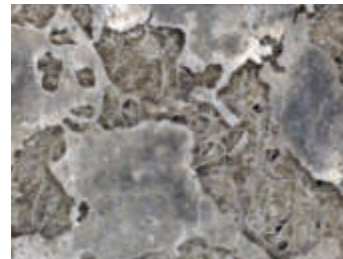


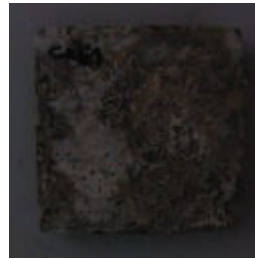
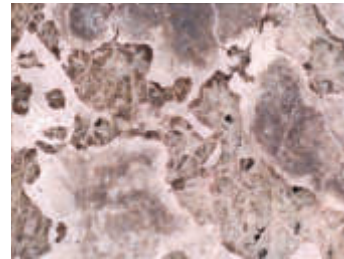
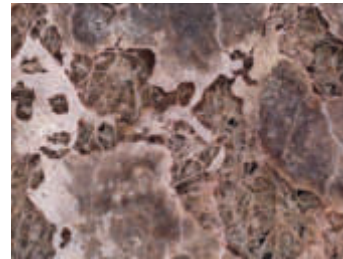




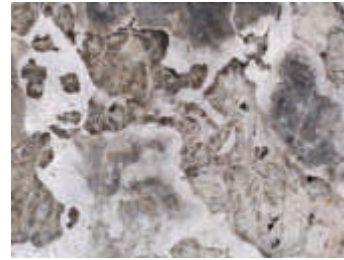
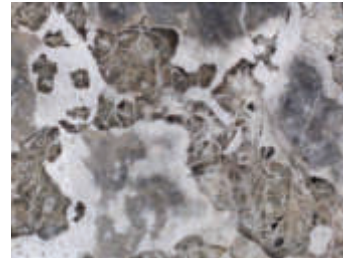
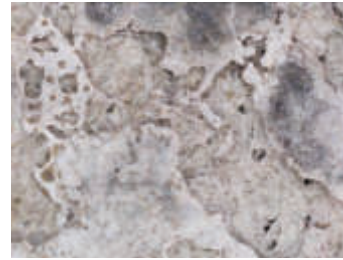
	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII61 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování



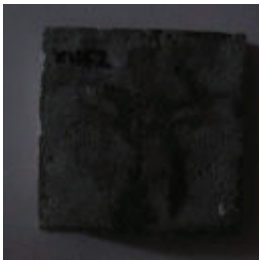
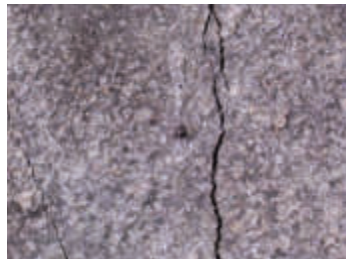
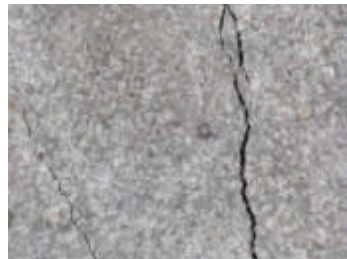











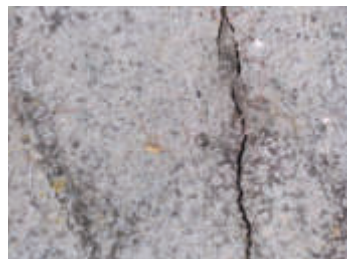

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI161 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference




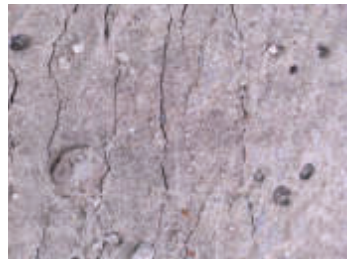












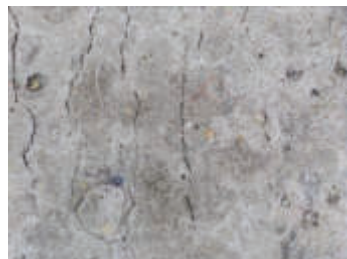

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII62 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování


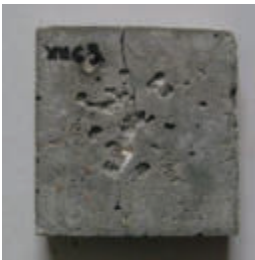

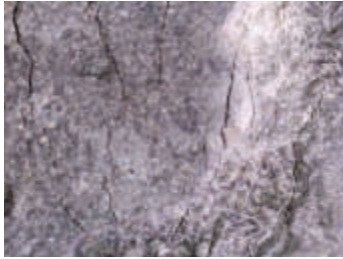
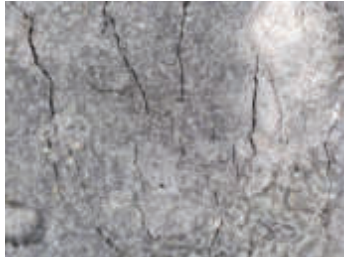




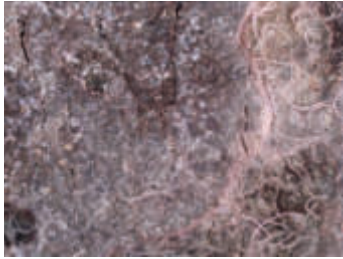
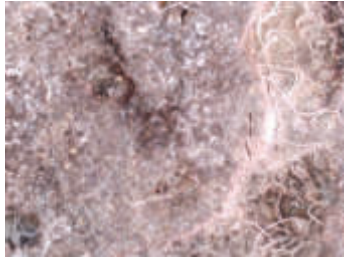
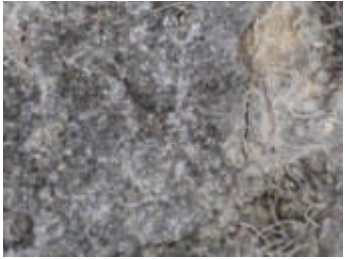






	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI62 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference


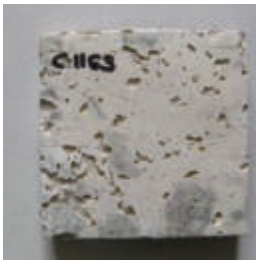

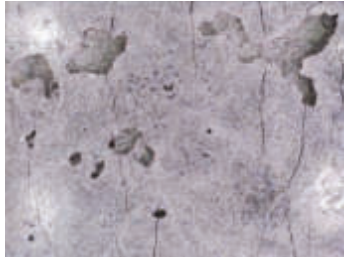

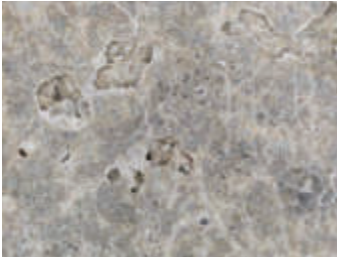



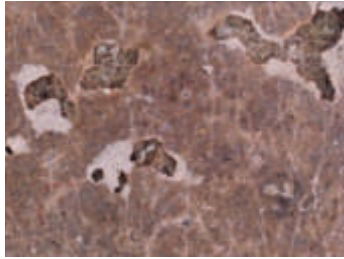
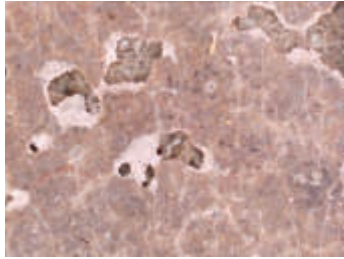




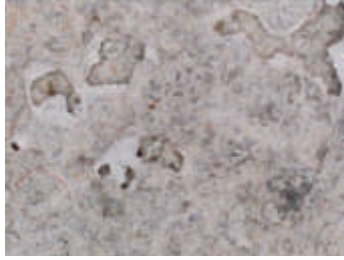


	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII63 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování




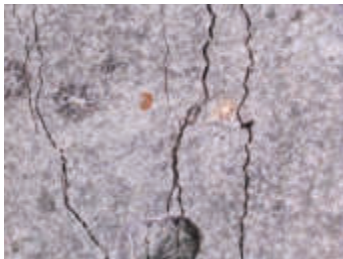
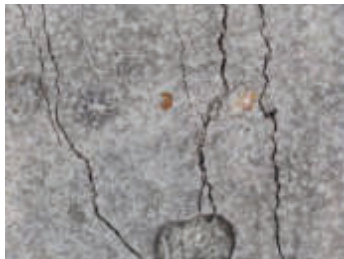




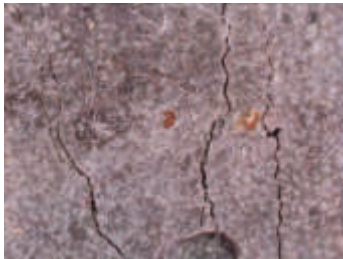
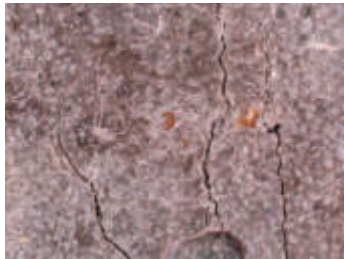




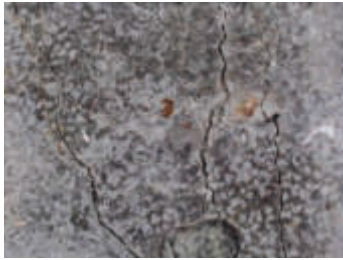
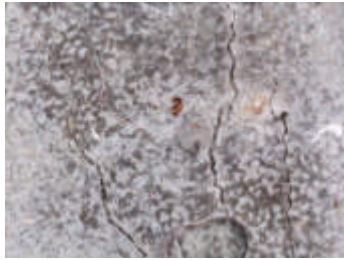

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI163 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference



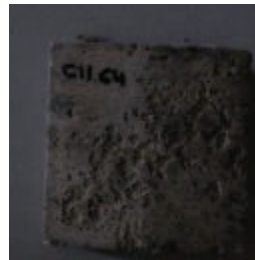















	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII64 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

CI164 – Těleso vystavené prostředí po 1 roce od ukončení ošetřování, reference

	Po ukončení ošetřování	0 dní	7 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	14 dní	21 dní	28 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



---

## **Příloha C: Číselný a grafický výstup z programu Fáze – fáze 2**



## Číselný výstup z programu Fáze

Barevné rozlišení dne měření jednotlivých zkušebních těles

21.11.2019	16.01.2020	12.03.2020
28.11.2019	23.01.2020	19.03.2020
05.12.2019	30.01.2020	26.03.2020
12.12.2019	06.02.2020	02.04.2020
19.12.2019	13.02.2020	09.04.2020
26.12.2019	20.02.2020	07.05.2020
02.01.2020	27.02.2020	04.06.2020
09.01.2020	05.03.2020	

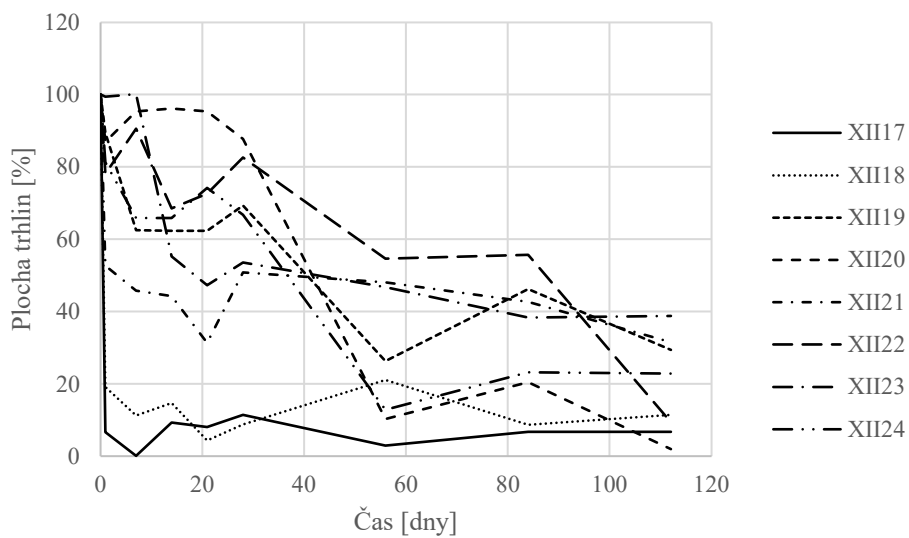
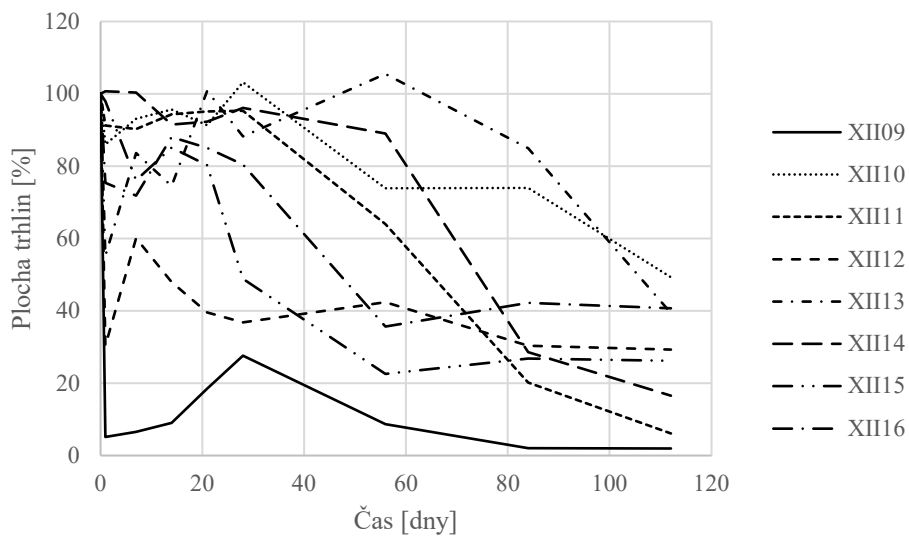
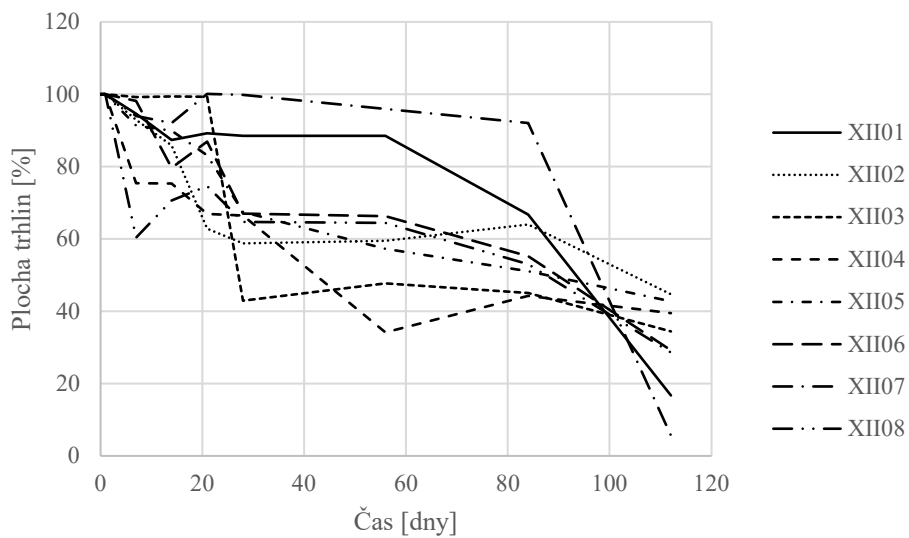
	0	1	7	14	21	28	56	84	112
XII01	100,00	100,00	94,57	87,36	89,19	88,48	88,48	66,73	16,70
XII02	100,00	100,00	92,91	85,82	62,83	58,74	59,47	63,95	44,73
XII03	100,00	100,00	99,14	99,36	99,30	42,91	47,66	45,05	34,38
XII04	100,00	100,00	75,39	75,24	66,87	66,41	34,19	44,21	39,44
XII05	100,00	100,00	91,28	89,92	83,02	67,41	57,26	51,03	42,76
XII06	100,00	100,00	98,13	79,60	86,87	66,93	66,24	55,17	29,21
XII07	100,00	100,00	93,98	92,00	100,08	99,82	95,92	92,01	5,63
XII08	100,00	100,00	60,36	70,61	74,55	64,68	64,37	52,97	28,63
XII09	100,00	5,08	6,55	9,04	18,45	27,59	8,63	2,01	1,96
XII10	100,00	86,02	93,11	95,65	91,31	103,24	73,90	73,93	49,31
XII11	100,00	91,24	90,23	94,33	95,08	95,31	63,95	20,19	6,14
XII12	100,00	30,31	60,04	47,95	39,52	36,76	42,40	30,32	29,34
XII13	100,00	55,23	83,63	74,53	100,82	88,25	105,49	84,98	39,39
XII14	100,00	100,74	100,31	91,48	92,26	96,13	89,02	28,53	16,61
XII15	100,00	97,98	76,11	85,09	80,29	48,81	22,58	26,78	26,21
XII16	100,00	75,34	71,83	88,08	85,06	80,43	35,70	42,17	40,67
XII17	100,00	6,62	0,15	9,27	8,03	11,37	2,92	6,73	6,75
XII18	100,00	19,07	11,21	14,70	4,37	8,74	21,09	8,71	11,43
XII19	100,00	89,40	62,49	62,30	62,35	69,27	26,32	46,24	29,34
XII20	100,00	86,88	95,37	96,12	95,29	87,69	10,26	20,45	2,03
XII21	100,00	52,67	45,74	44,22	31,33	50,77	48,10	42,63	31,52
XII22	100,00	78,05	90,55	68,47	72,58	82,57	54,58	55,71	9,42
XII23	100,00	99,38	100,19	55,22	47,24	53,56	46,75	38,40	38,73
XII24	100,00	81,26	65,88	65,82	74,17	66,76	12,90	23,15	22,85
XII25	100,00	0,45	2,16	0,93	3,31	1,95	0,71	2,55	4,24
XII26	100,00	21,11	27,40	4,29	25,17	18,77	18,82	20,82	27,56
XII27	100,00	31,80	42,26	14,93	30,06	26,74	25,10	5,44	14,32
XII28	100,00	93,07	89,30	91,86	93,22	87,15	92,45	90,19	39,79
XII29	100,00	105,12	92,51	92,30	96,88	92,42	50,03	24,26	20,94
XII30	100,00	52,43	70,51	55,16	53,62	49,73	23,60	9,40	13,10
XII31	100,00	51,03	51,84	41,01	57,99	44,40	51,56	19,22	19,58
XII32	100,00	101,91	86,41	83,96	92,02	72,22	95,17	74,56	8,93
XII33	100,00	5,94	1,88	2,58	3,44	7,88	7,12	12,94	12,46

	0	1	7	14	21	28	56	84	112
XII34	100,00	13,54	12,94	3,64	12,02	17,75	11,84	4,65	8,35
XII35	100,00	13,40	13,28	24,30	12,20	38,50	40,28	19,50	17,01
XII36	100,00	5,42	9,53	3,89	4,71	11,83	6,80	5,21	5,88
XII37	100,00	60,22	76,47	74,11	79,87	19,40	28,50	21,56	12,64
XII38	100,00	64,25	52,60	30,23	31,73	38,05	35,39	4,71	6,83
XII39	100,00	107,49	99,52	72,78	80,10	90,23	67,99	58,33	10,68
XII40	100,00	100,10	98,56	102,40	100,89	100,93	100,56	90,27	90,19
XII41	100,00	0,52	0,09	2,53	5,20	1,44	9,23	9,22	7,10
XII42	100,00	31,64	4,57	11,97	7,75	4,19	1,87	1,50	11,59
XII43	100,00	2,50	5,13	1,38	1,35	1,83	3,47	5,00	1,62
XII44	100,00	12,84	12,69	5,96	4,75	4,22	4,07	3,32	44,37
XII45	100,00	42,36	10,72	15,09	20,71	20,04	23,19	18,27	5,04
XII46	100,00	86,69	63,86	43,89	35,80	31,39	45,30	43,83	4,03
XII47	100,00	34,98	35,57	43,88	34,03	37,30	16,77	10,26	0,69
XII48	100,00	45,51	35,58	24,74	13,94	9,60	5,35	3,84	3,28
XII49	100,00	3,86	0,58	0,23	0,44	2,55	4,66	0,96	0,53
XII50	100,00	4,34	23,08	0,28	23,78	4,54	1,17	3,29	3,75
XII51	100,00	39,88	51,97	20,77	17,16	2,27	20,72	32,37	19,87
XII52	100,00	4,59	10,77	32,63	16,67	14,04	27,69	10,37	8,14
XII53	100,00	34,17	40,02	30,29	36,03	32,43	32,99	32,62	2,44
XII54	100,00	90,88	86,96	22,01	20,50	20,73	16,31	7,97	2,07
XII55	100,00	58,80	76,93	60,91	54,99	62,61	62,33	18,33	3,12
XII56	100,00	12,39	61,15	39,88	27,58	26,92	23,66	3,27	2,54
CH01	100,00	100,00	98,19	86,21	73,04	73,11	47,75	56,14	36,35
CH02	100,00	100,00	71,25	70,54	70,38	65,29	50,90	28,34	25,31
CH03	100,00	100,00	95,36	78,67	91,63	94,79	94,31	73,85	74,08
CH04	100,00	100,00	99,55	92,68	93,77	77,62	66,17	67,59	69,52
CH05	100,00	100,00	101,78	97,45	94,74	91,34	48,23	45,81	58,04
CH06	100,00	100,00	96,48	90,46	90,53	90,53	98,40	72,03	71,12
CH07	100,00	100,00	73,41	72,87	74,39	71,32	37,20	36,65	37,49
CH08	100,00	100,00	84,24	92,26	71,29	75,27	65,87	57,05	52,96
CH09	100,00	45,82	56,41	55,18	49,20	46,29	42,60	28,66	9,04
CH10	100,00	65,86	66,11	67,39	76,58	58,04	63,22	68,82	61,54
CH11	100,00	92,78	85,84	86,32	65,03	53,19	52,09	41,39	34,90
CH12	100,00	72,41	60,36	47,42	47,06	40,18	30,05	21,40	29,78
CH13	100,00	68,16	74,51	60,74	56,45	40,61	31,09	32,25	21,46
CH14	100,00	44,73	75,05	66,59	73,75	57,32	49,20	48,34	39,91
CH15	100,00	89,97	89,47	97,97	84,84	89,06	57,05	54,01	45,94
CH16	100,00	91,41	91,73	81,60	69,27	59,52	72,29	40,72	37,62
CH17	100,00	101,70	89,37	101,85	98,93	69,06	30,59	30,21	14,57
CH18	100,00	41,77	36,80	32,66	31,77	22,61	18,32	8,45	2,95
CH19	100,00	80,25	81,06	87,48	80,23	90,78	75,03	75,07	36,47
CH20	100,00	59,14	58,24	66,87	64,78	77,70	66,39	70,07	51,16
CH21	100,00	48,52	49,18	51,10	36,30	21,05	14,87	10,00	22,97
CH22	100,00	99,97	106,65	88,15	104,76	103,09	100,24	101,12	70,99

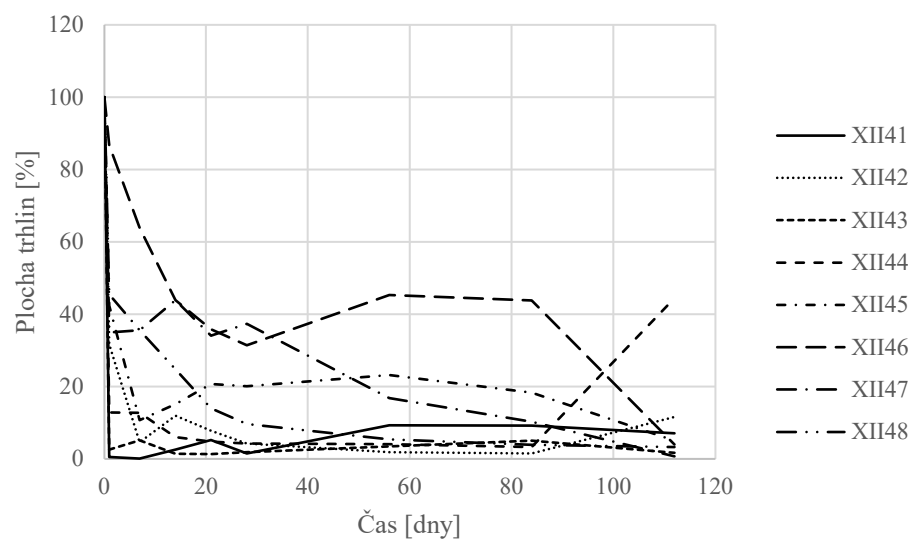
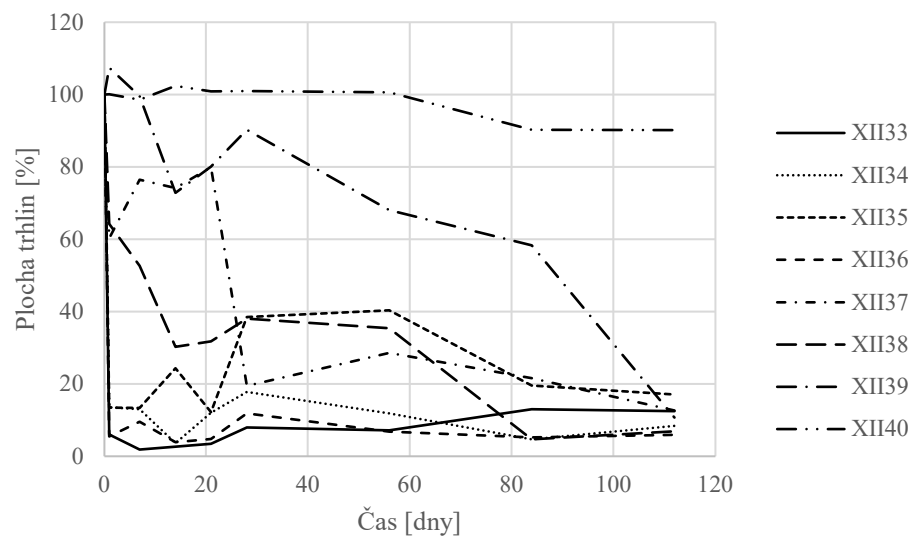
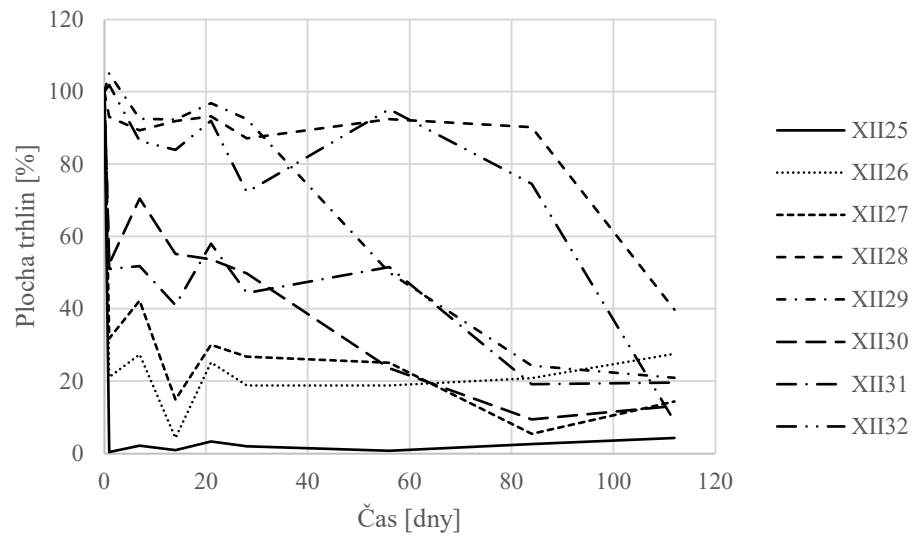


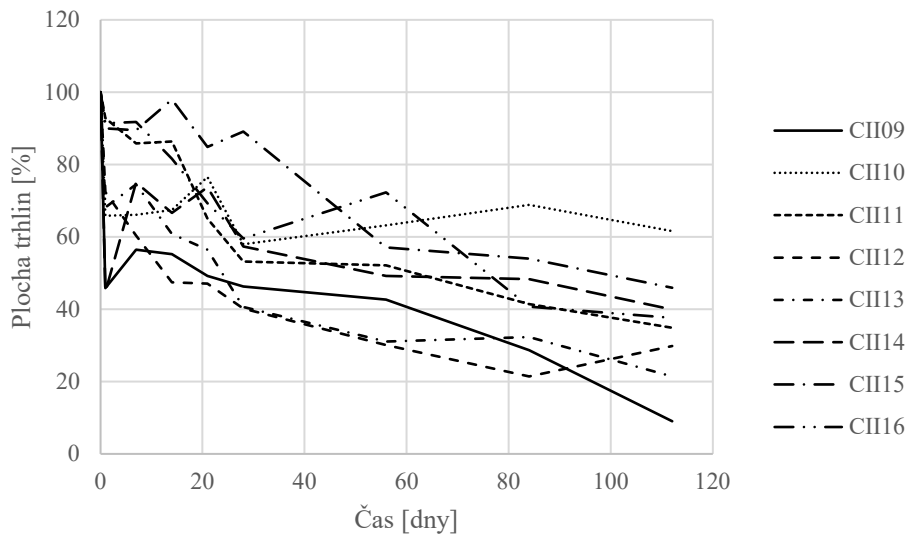
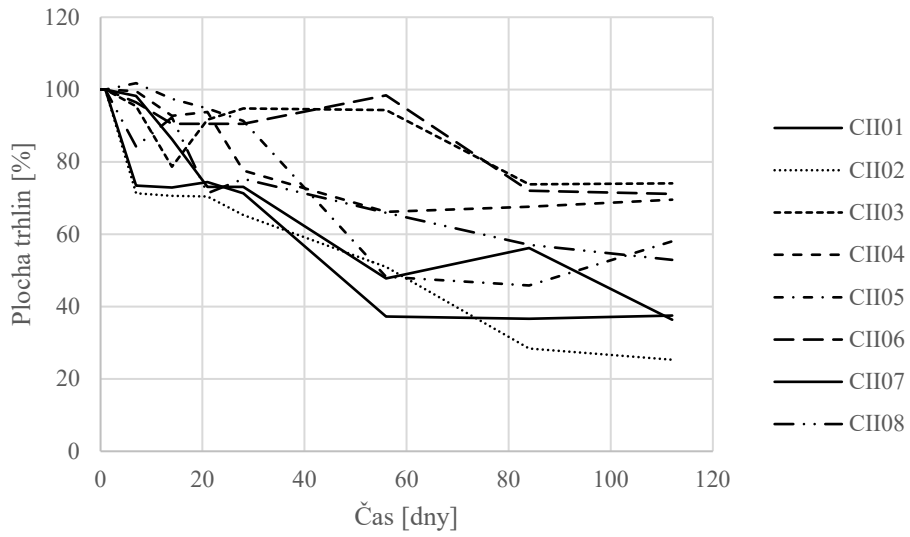
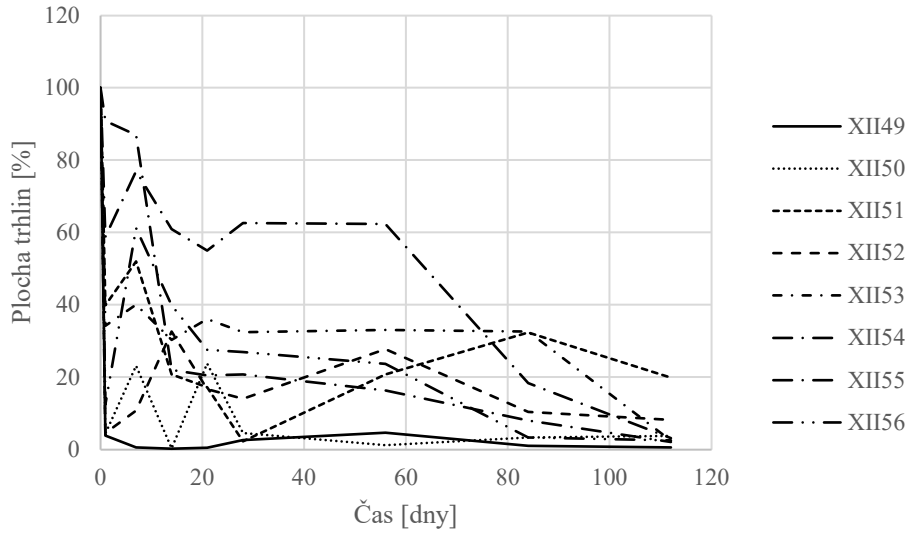
	0	1	7	14	21	28	56	84	112
CII23	100,00	58,09	55,21	43,40	7,42	8,91	3,39	1,37	1,32
CII24	100,00	102,03	99,05	105,84	98,34	99,93	57,85	50,51	50,32
CII25	100,00	42,83	45,45	25,29	14,81	13,94	8,44	9,03	5,93
CII26	100,00	64,35	64,36	48,61	46,59	29,22	46,53	48,61	33,25
CII27	100,00	79,84	60,30	47,63	42,45	32,39	18,29	17,71	16,03
CII28	100,00	99,86	89,74	79,20	79,40	57,67	66,14	46,01	34,73
CII29	100,00	94,40	84,11	72,88	73,57	72,47	35,10	23,70	22,79
CII30	100,00	113,75	98,29	103,08	89,09	74,40	79,10	76,17	60,57
CII31	100,00	46,50	46,27	52,61	39,05	57,44	33,25	12,76	23,57
CII32	100,00	63,09	86,62	63,08	56,96	57,14	19,97	18,06	12,65
CII33	100,00	67,03	48,93	57,06	26,44	24,18	5,59	5,39	5,23
CII34	100,00	68,56	43,85	57,74	36,91	45,32	30,48	24,11	24,04
CII35	100,00	63,45	60,53	60,94	74,87	62,53	45,71	41,91	27,82
CII36	100,00	30,48	29,14	15,21	16,31	10,79	10,43	9,89	8,54
CII37	100,00	88,84	92,65	79,41	78,44	93,25	78,42	86,76	92,41
CII38	100,00	99,30	94,54	98,06	99,57	98,34	97,81	86,68	88,48
CII39	100,00	93,46	93,83	97,71	73,34	71,82	74,65	78,10	64,13
CII40	100,00	97,50	86,90	77,66	57,47	30,92	30,24	31,95	22,58
CII41	100,00	4,28	9,17	1,72	5,27	0,07	17,68	1,80	0,41
CII42	100,00	18,74	17,23	17,18	18,60	17,99	10,56	3,36	32,12
CII43	100,00	79,42	66,45	65,45	77,55	51,20	53,60	52,05	35,58
CII44	100,00	78,54	64,16	65,92	63,03	50,04	32,01	24,99	4,79
CII45	100,00	57,93	78,00	65,48	72,53	70,29	35,42	25,99	48,30
CII46	100,00	70,92	84,87	80,42	80,27	65,73	50,18	50,16	29,79
CII47	100,00	67,44	72,28	65,01	61,58	56,60	44,43	50,25	20,50
CII48	100,00	50,30	83,83	79,58	92,74	69,77	58,23	46,07	15,25
CII49	100,00	38,06	38,33	31,35	25,93	22,99	18,27	7,16	7,51
CII50	100,00	24,40	23,19	23,03	41,87	23,57	17,95	22,25	17,42
CII51	100,00	24,87	20,49	17,44	17,94	18,27	14,08	31,16	7,99
CII52	100,00	59,43	48,12	47,93	47,44	56,10	68,23	33,01	15,40
CII53	100,00	41,97	68,16	48,04	44,50	42,27	44,18	2,59	4,40
CII54	100,00	98,60	95,54	82,80	96,91	92,80	31,41	18,42	17,50
CII55	100,00	77,06	54,60	66,85	64,03	62,89	42,83	26,32	5,78
CII56	100,00	68,88	56,59	69,89	49,98	45,69	51,84	38,92	13,26

## Vývoj plochy trhlin pro jednotlivá zkušební tělesa

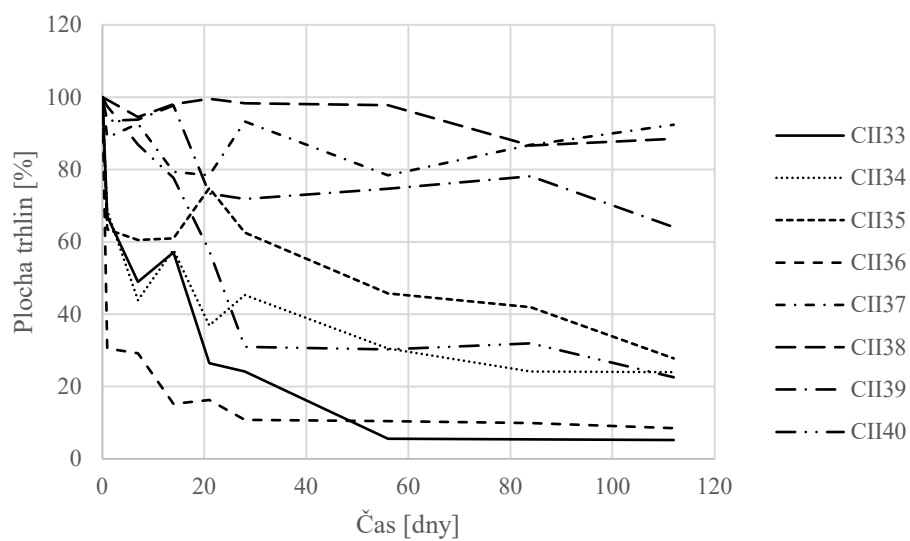
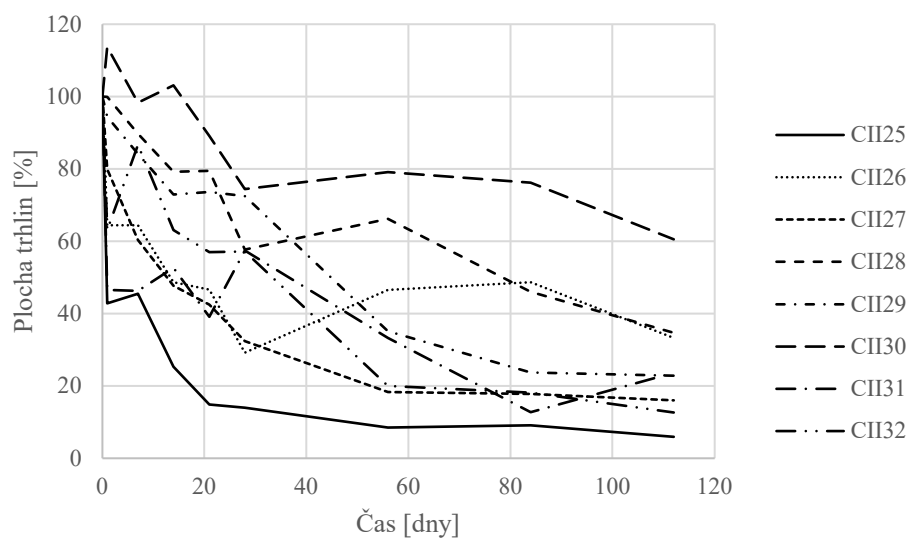
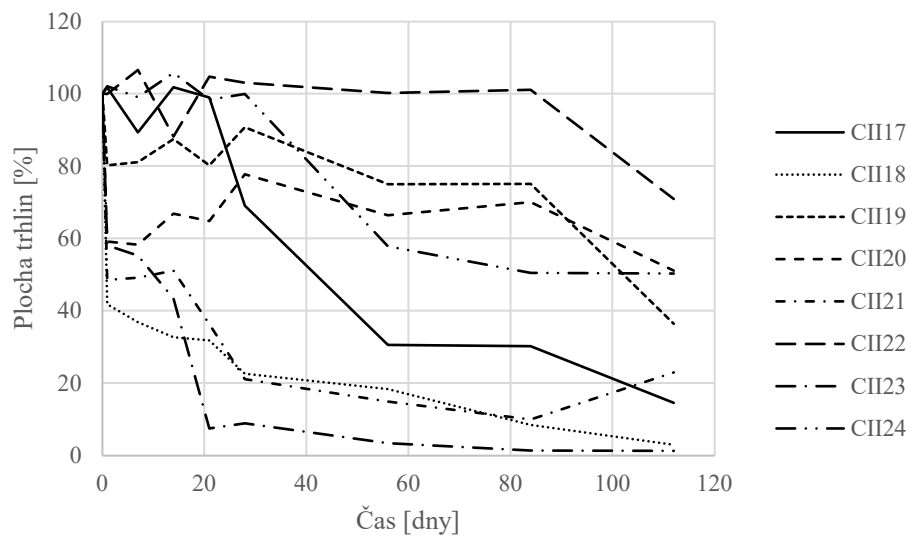


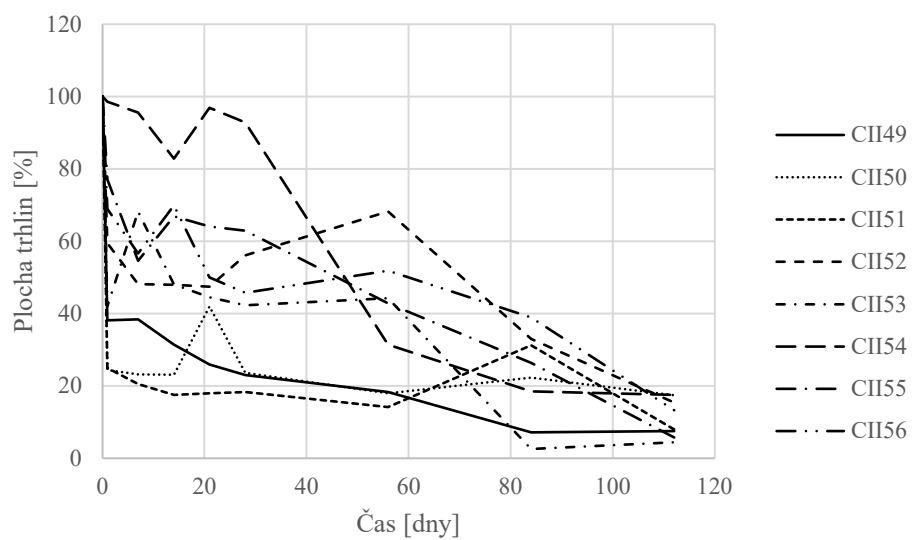
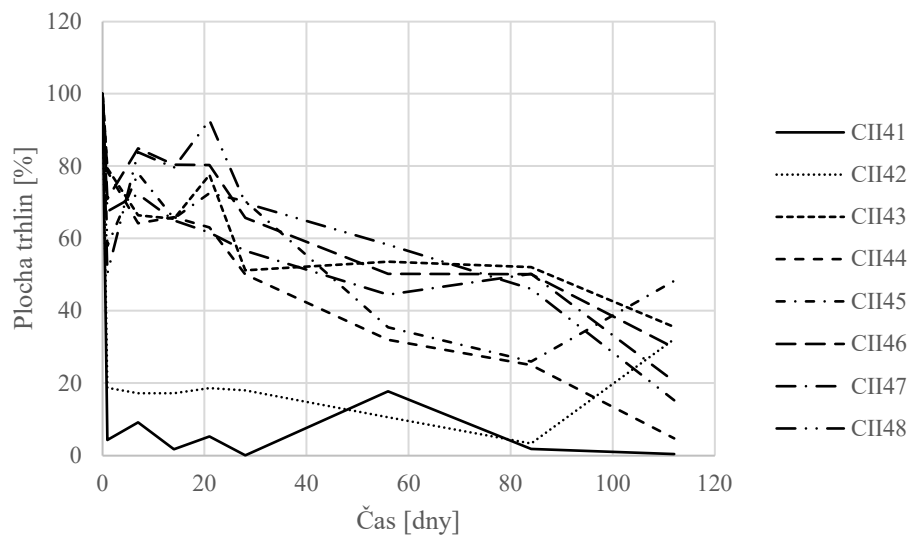












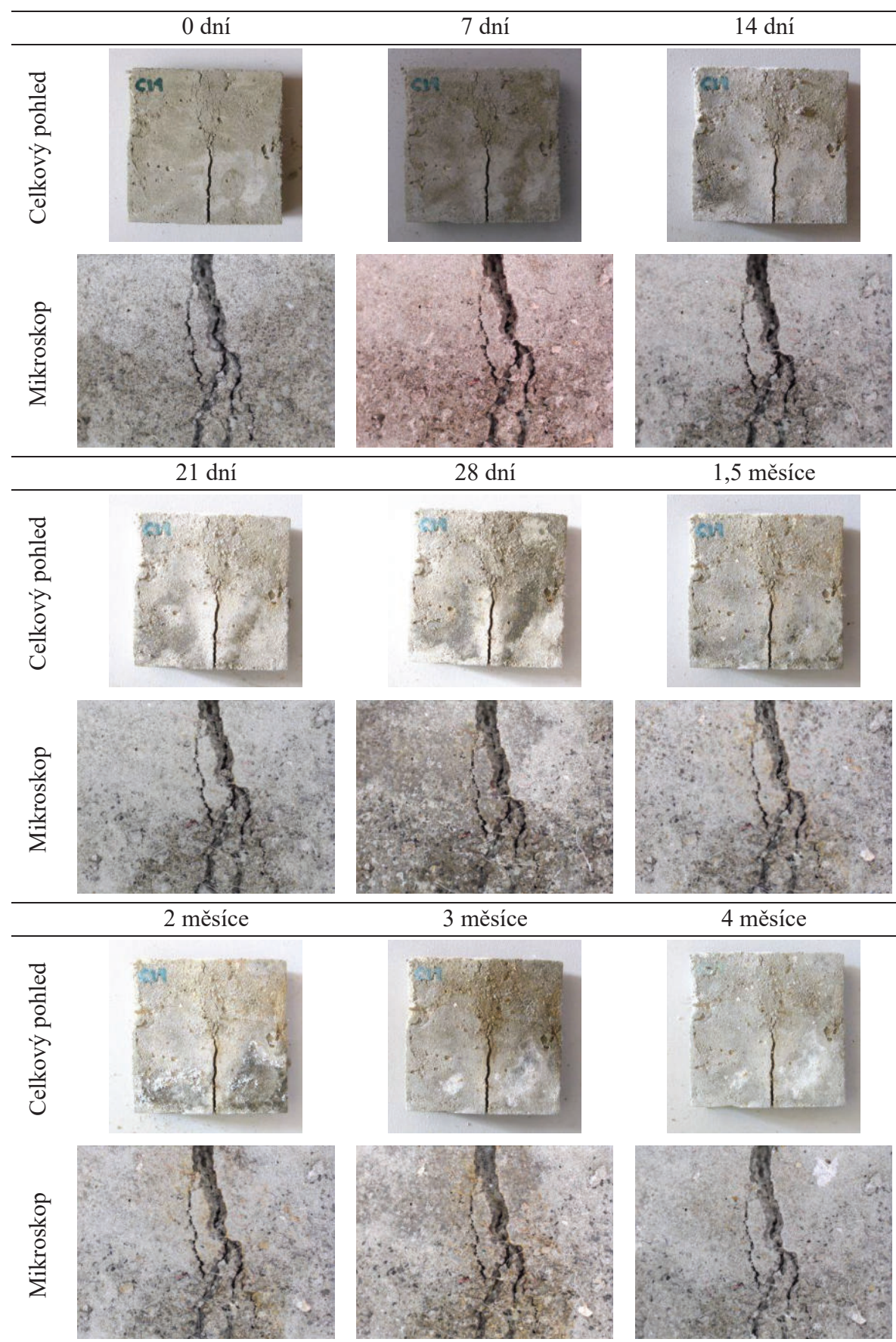




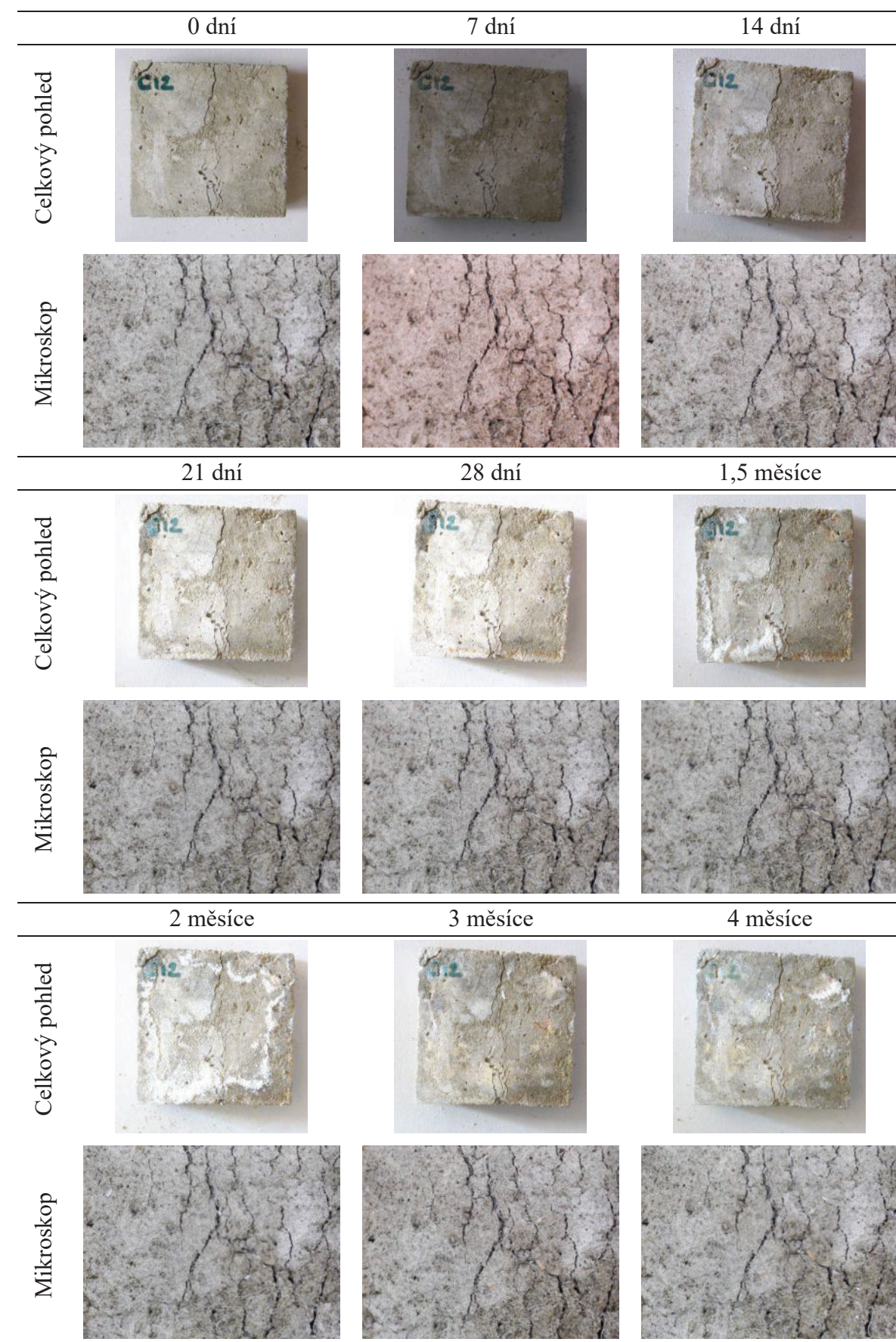
## **Příloha D: Vývoj trhlin ve zkušebních tělesech – fáze 4**



CI1 – Referenční zkušební těleso, CEM I

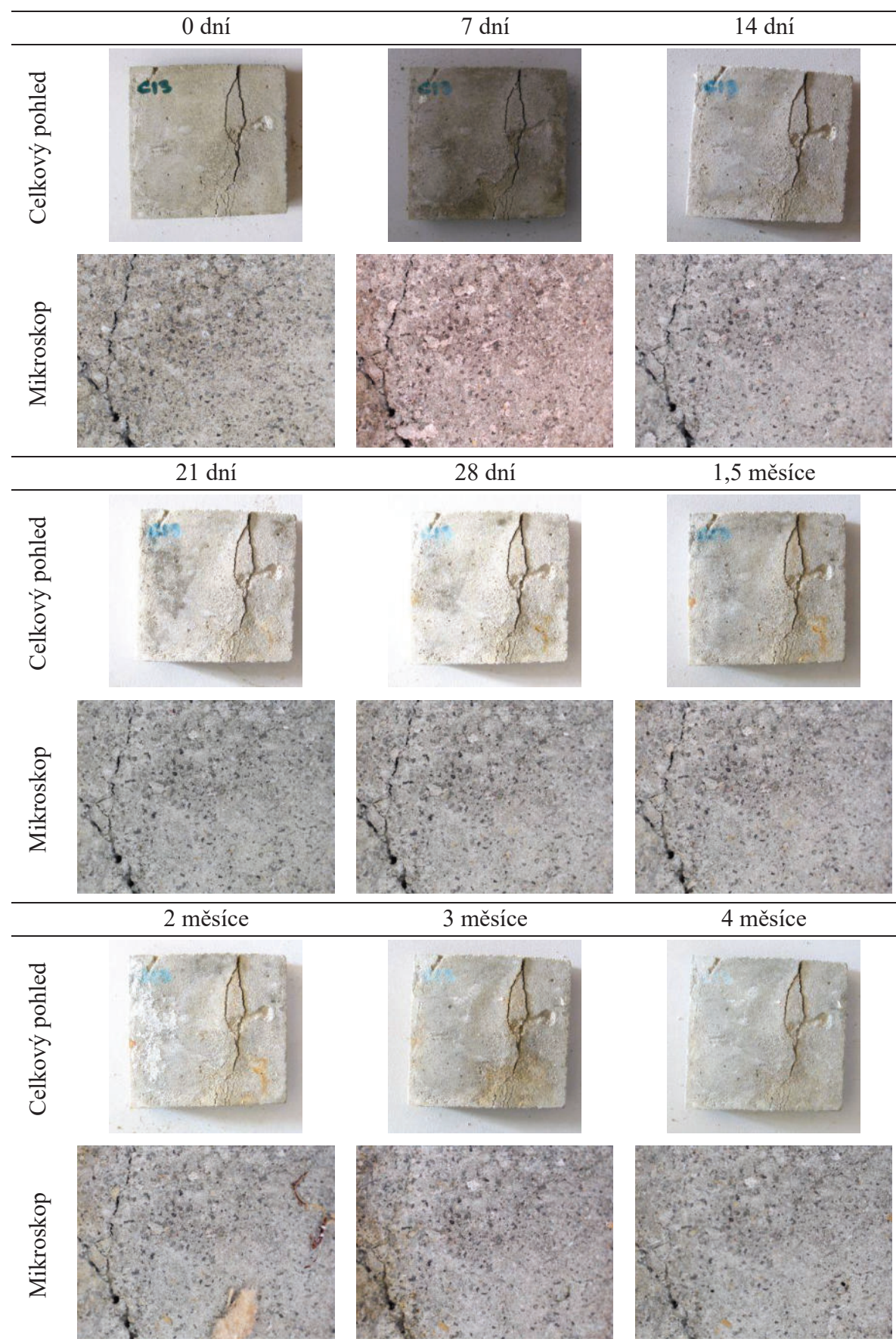


CI2 – Referenční zkušební těleso, CEM I

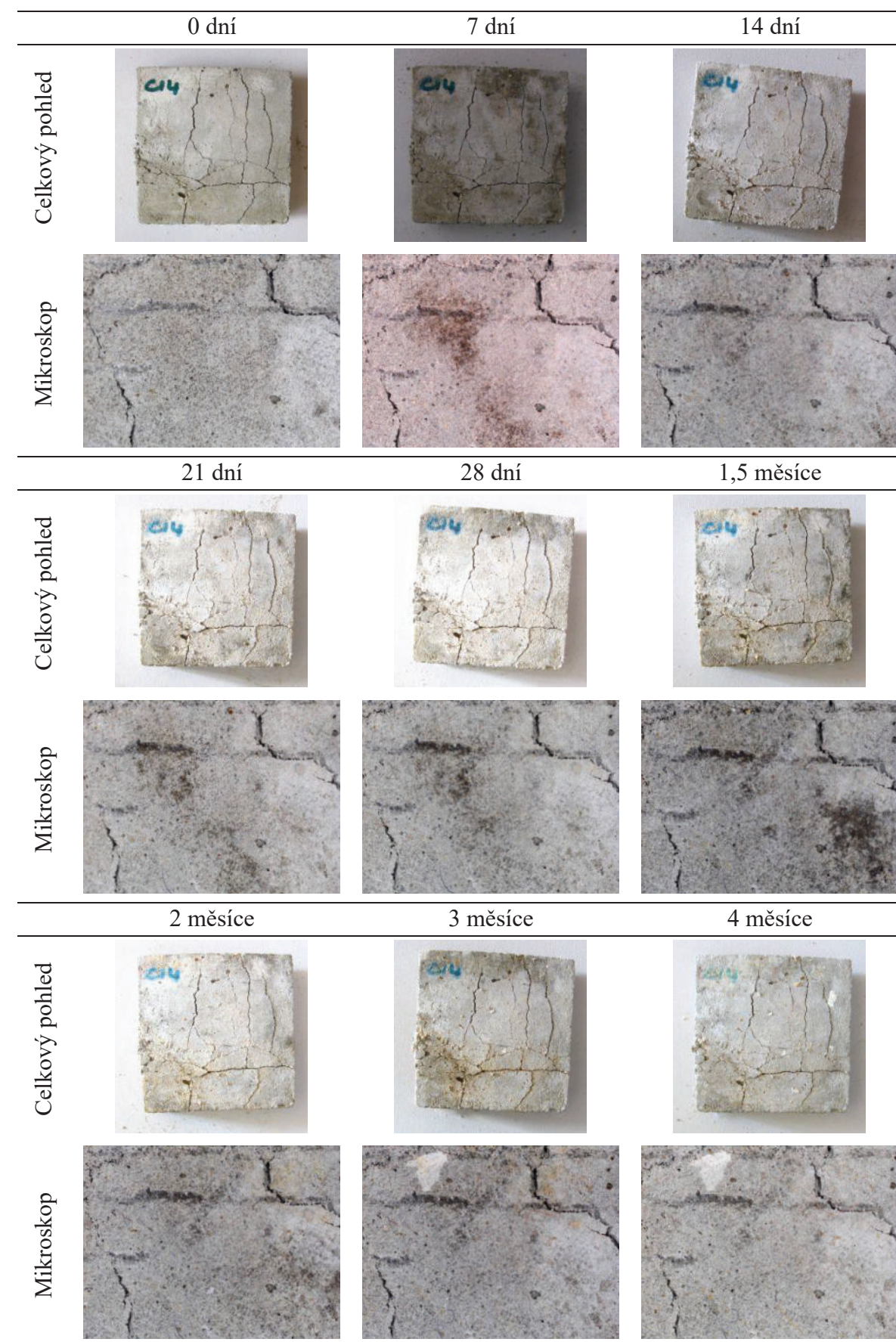




CI3 – Referenční zkušební těleso, CEM I

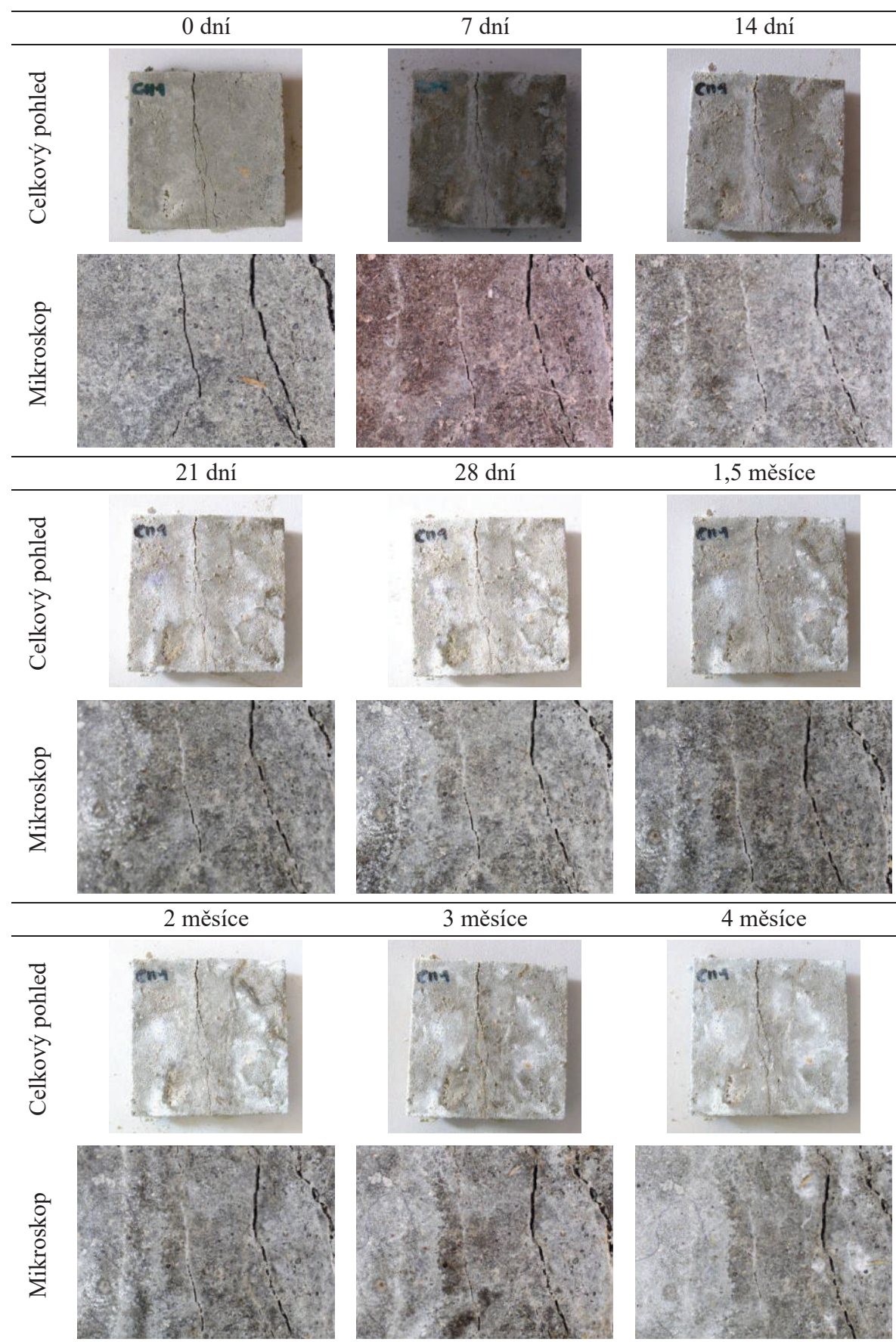


CI4 – Referenční zkušební těleso, CEM I

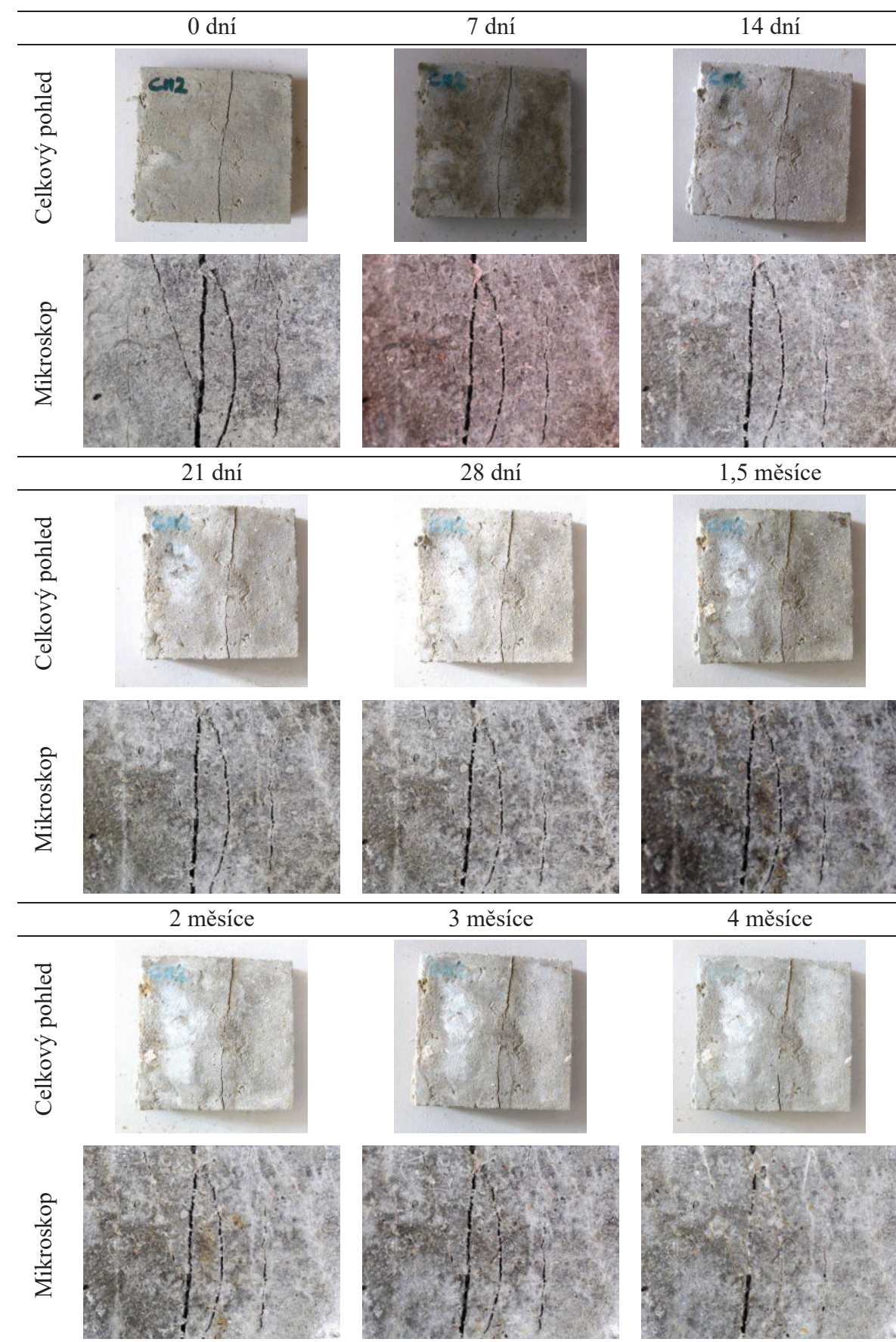




CII1 – Referenční zkušební těleso, CEM II

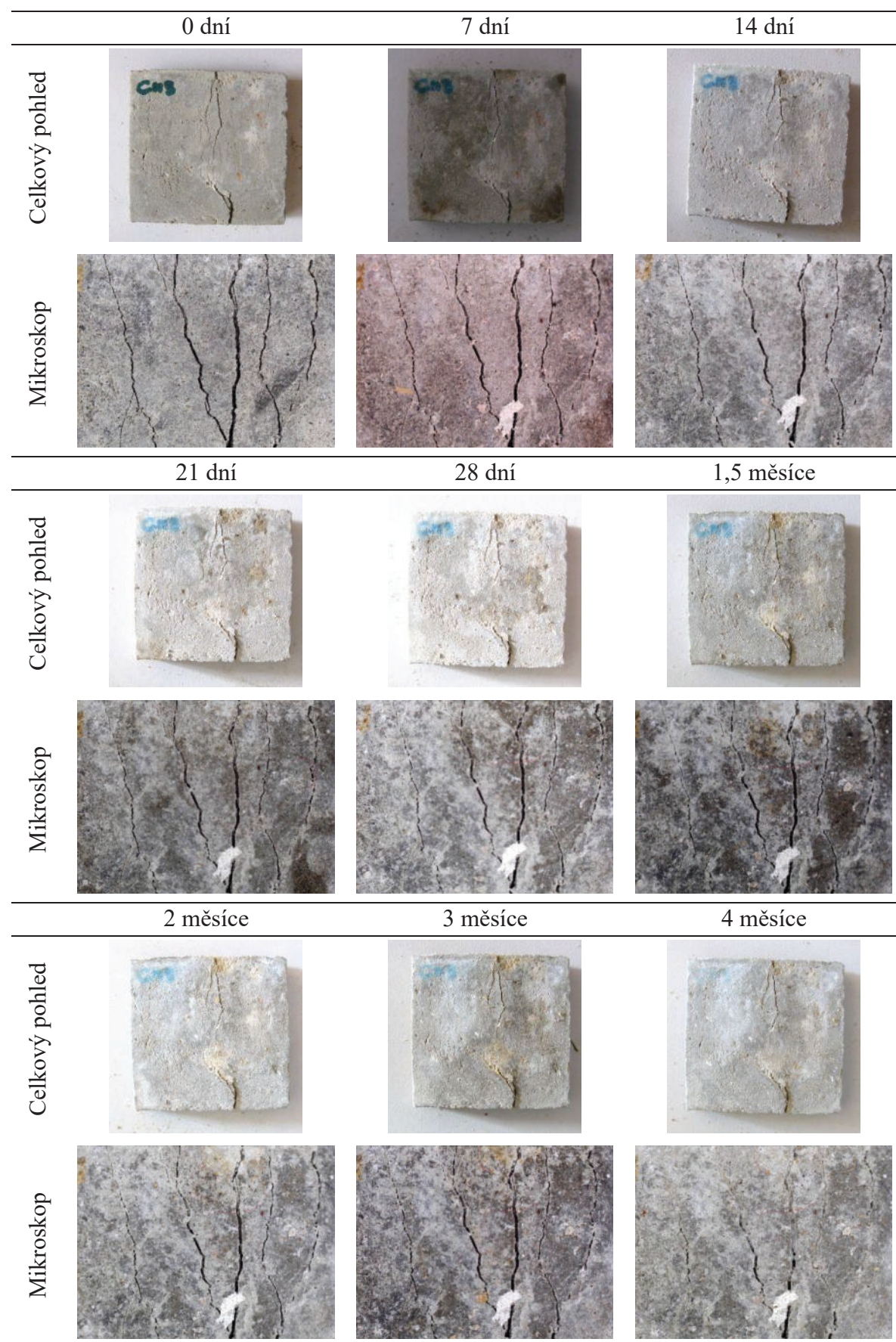


CII2 – Referenční zkušební těleso, CEM II

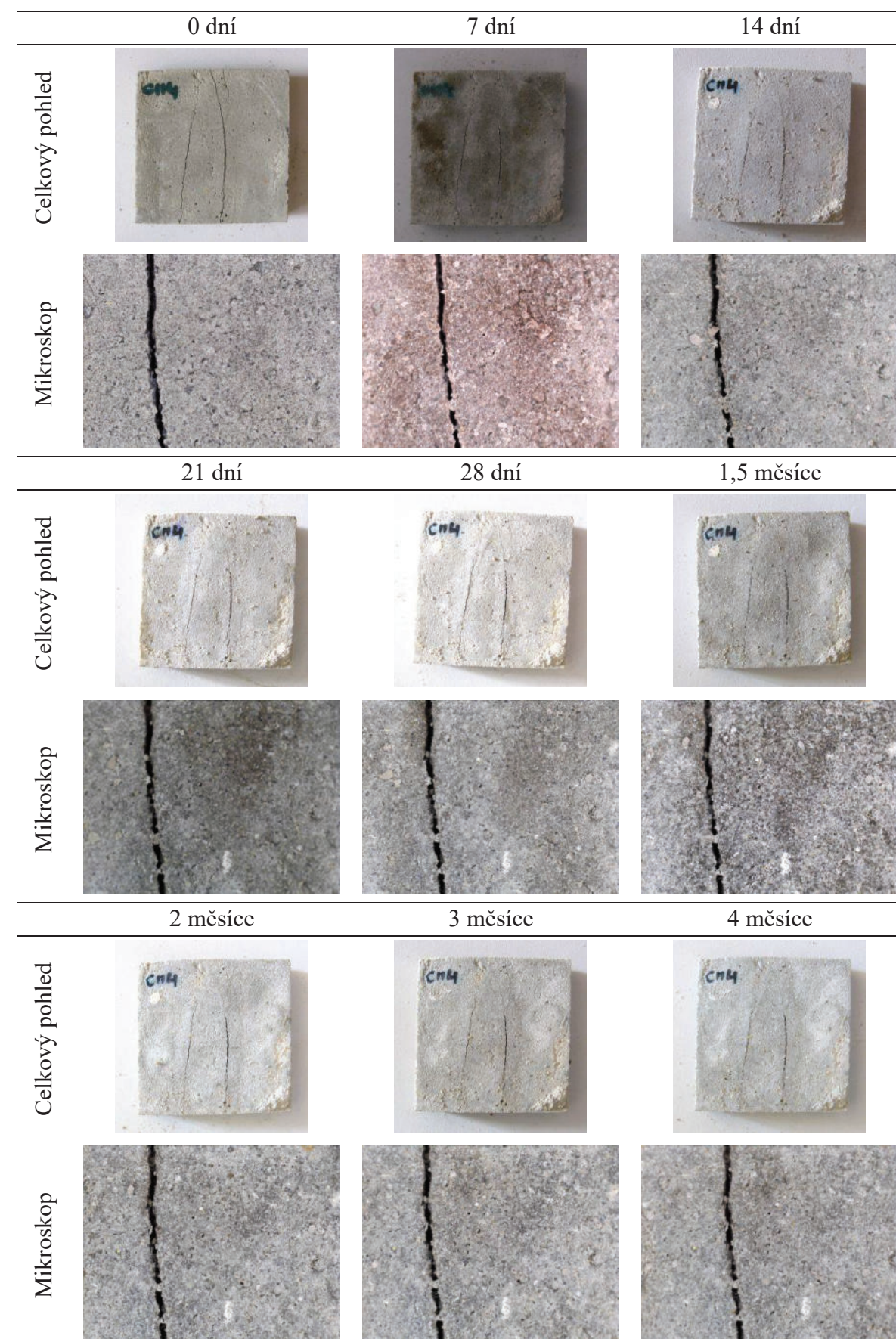




CII3 – Referenční zkušební těleso, CEM II

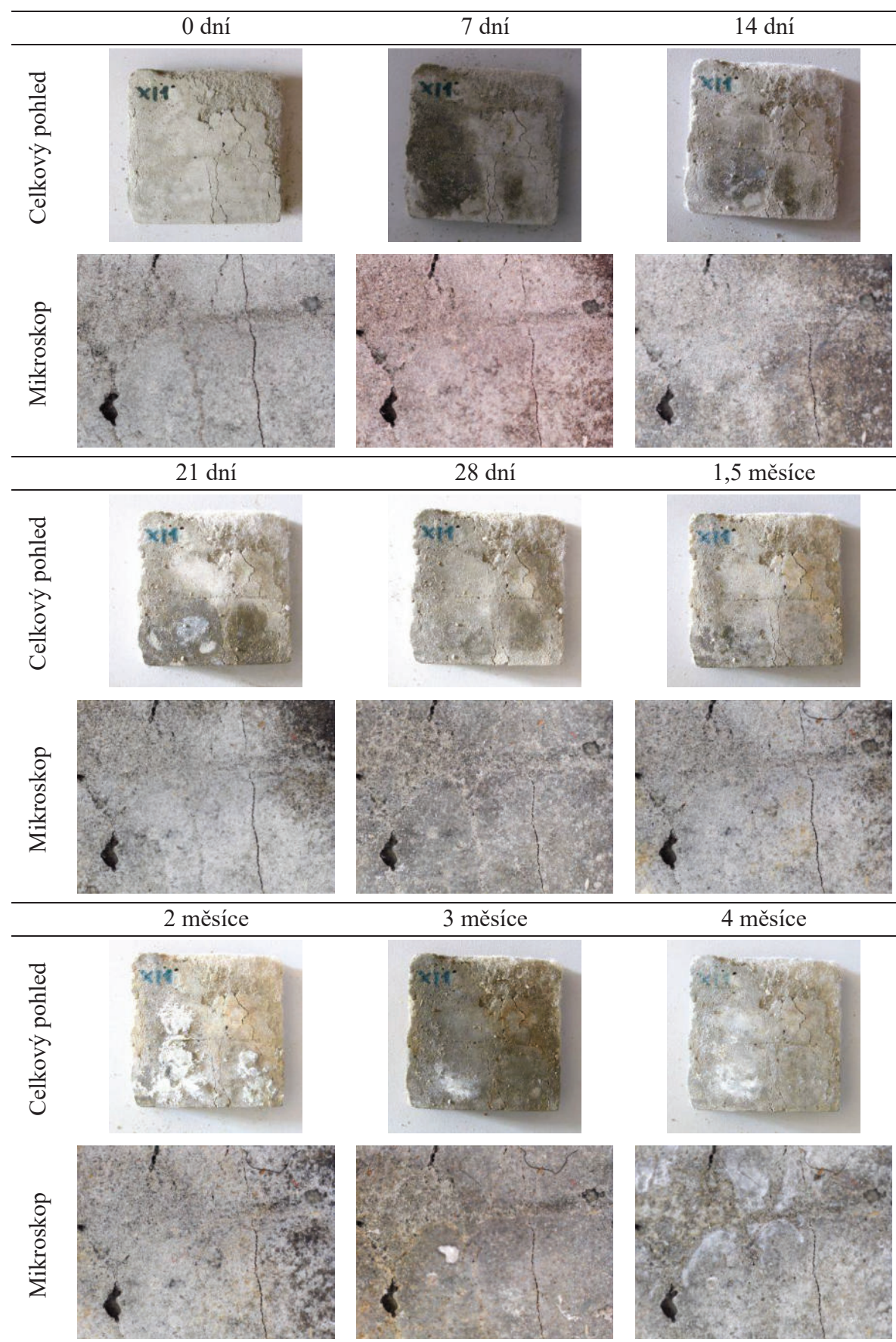


CII4 – Referenční zkušební těleso, CEM II

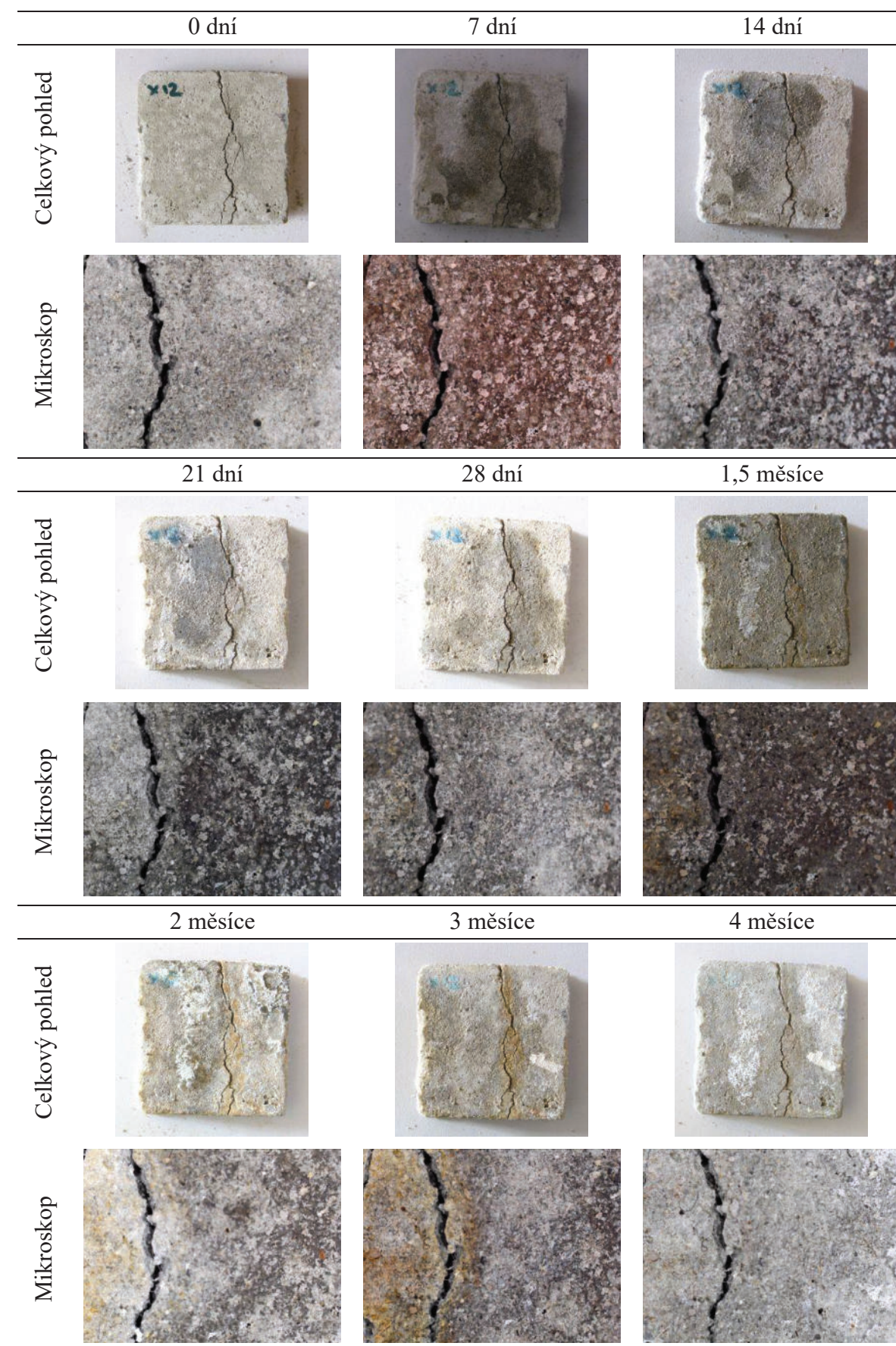




XI1 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM I

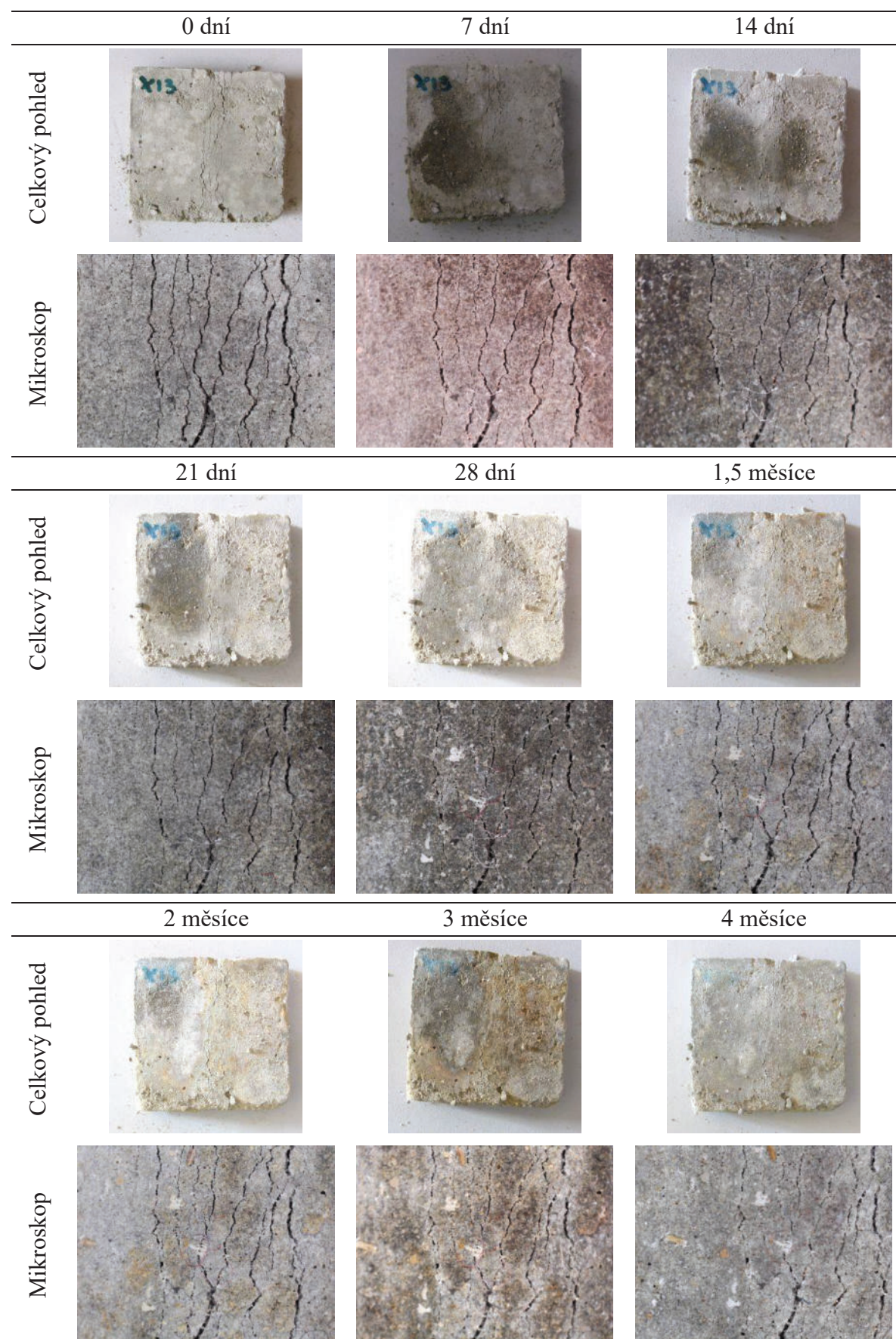


XI2 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM I

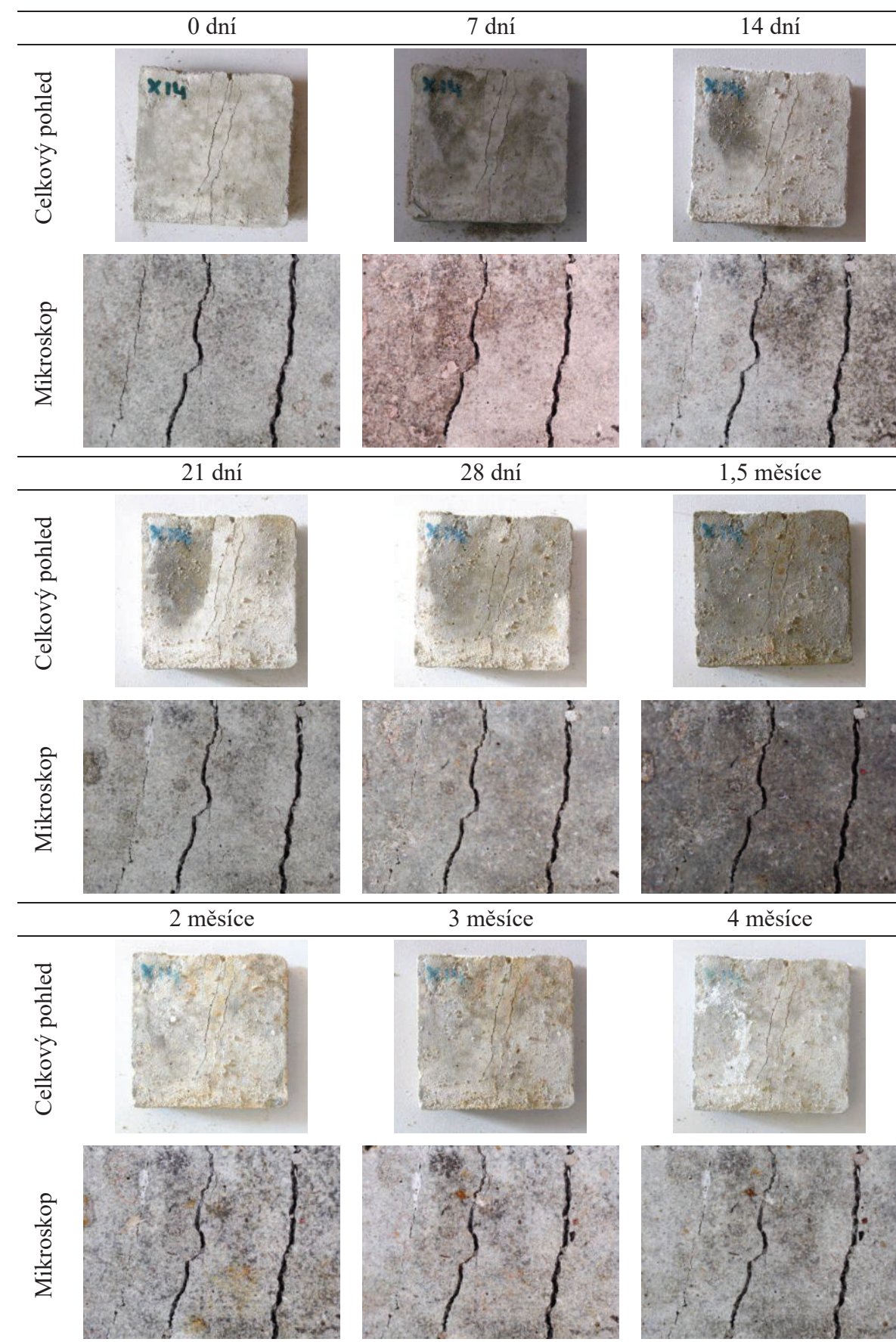




**XI3 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM I**





















**XI4 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM I**

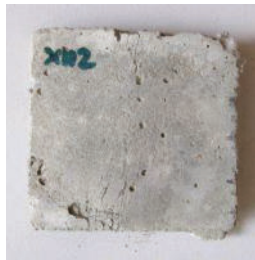





















XIII – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM II

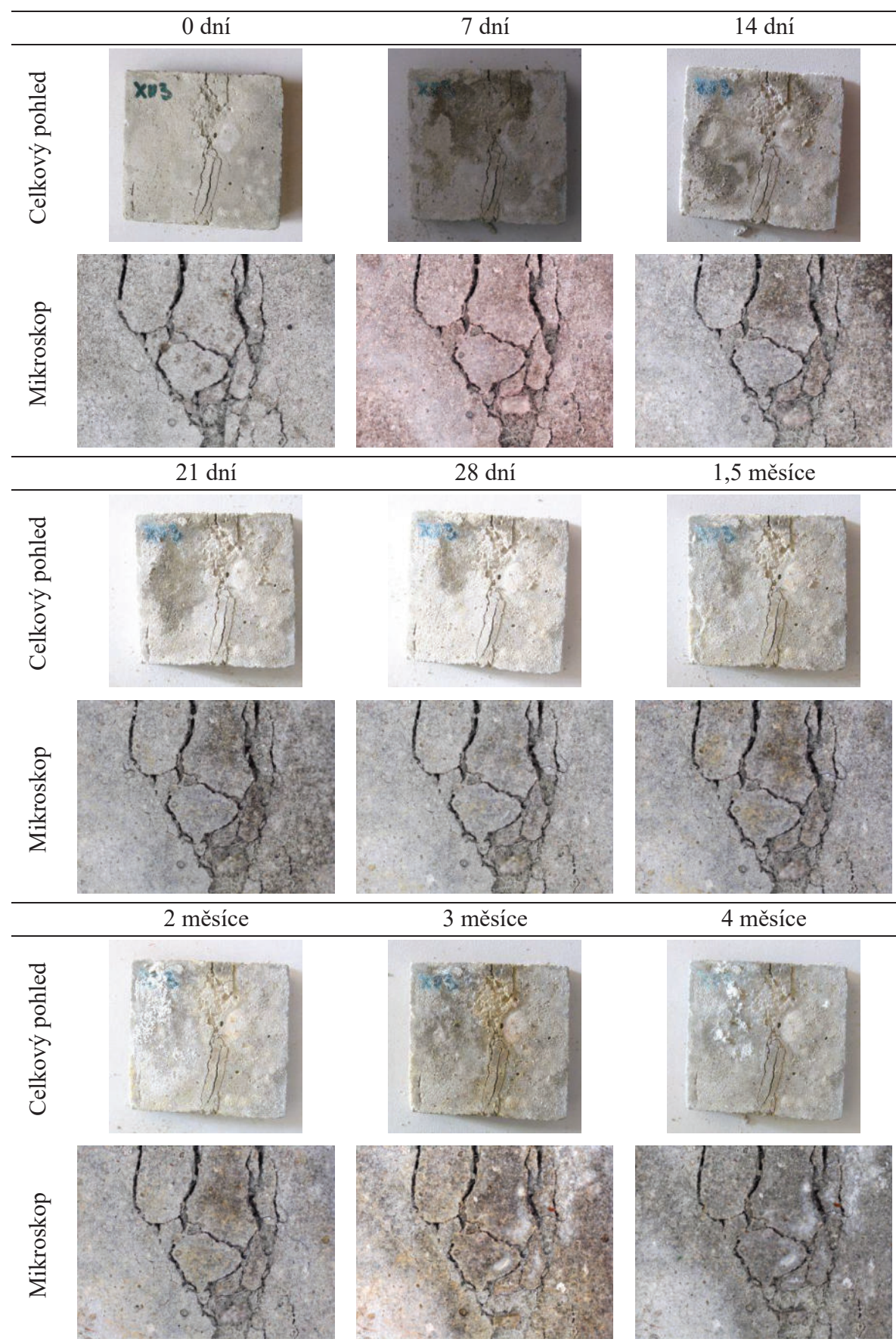
	0 dní	7 dní	14 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	21 dní	28 dní	1,5 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			

XII2 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM II

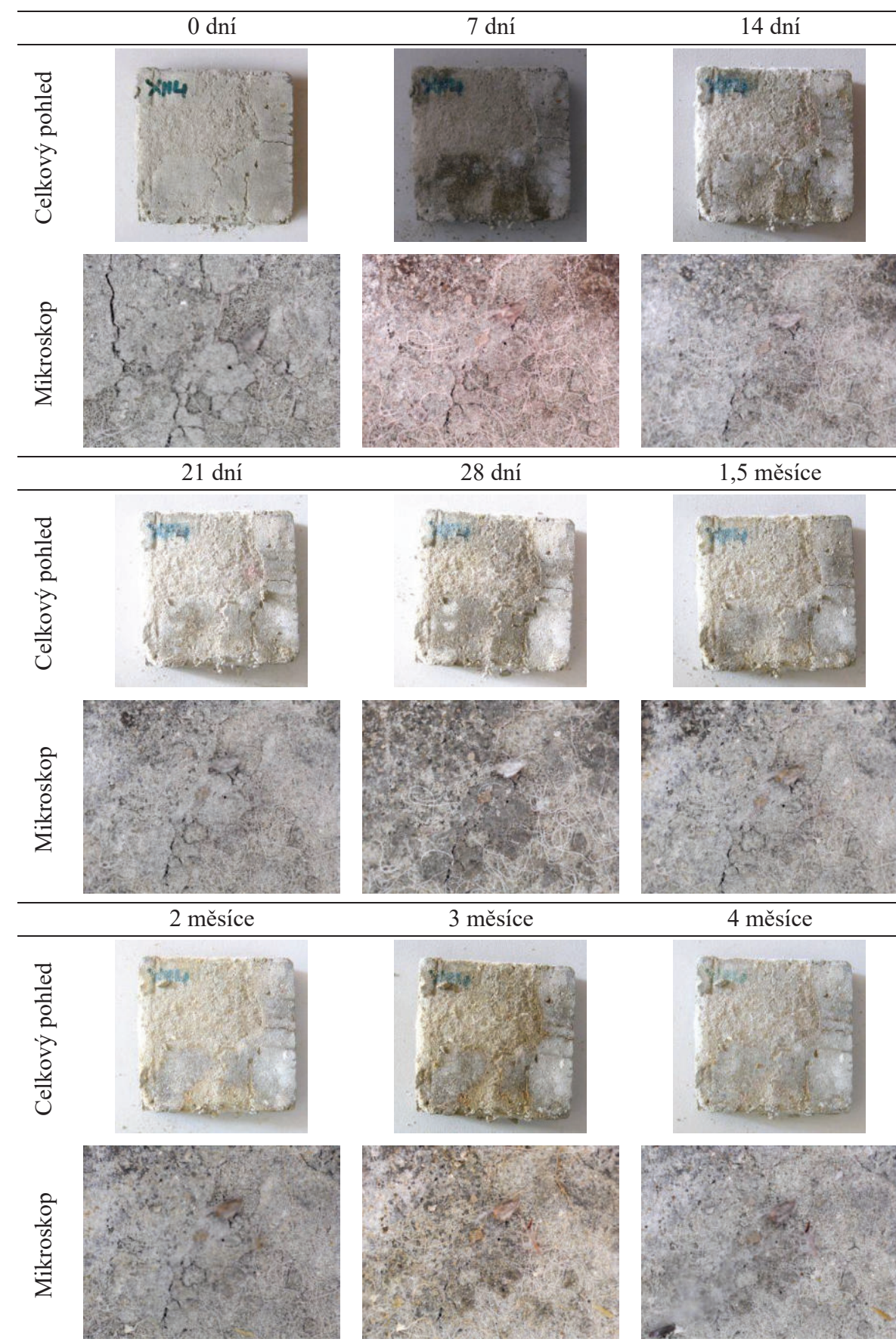
	0 dní	7 dní	14 dní
Celkový pohled			
Mikroskop			
	21 dní	28 dní	1,5 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			
	2 měsíce	3 měsíce	4 měsíce
Celkový pohled			
Mikroskop			



XII3 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM II

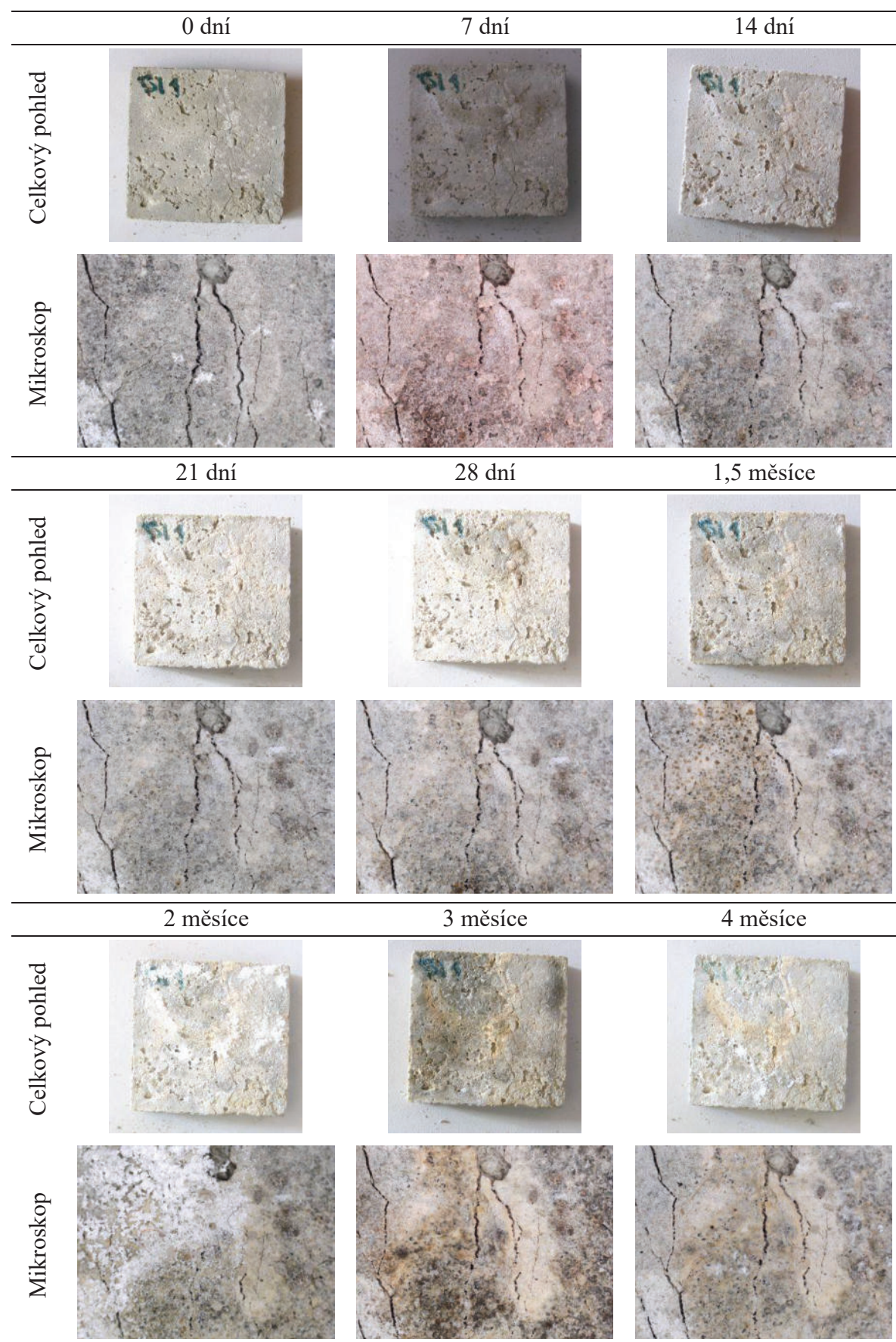


XII4 – Zkušební těleso s přísadou Xypex Admix, CEM II

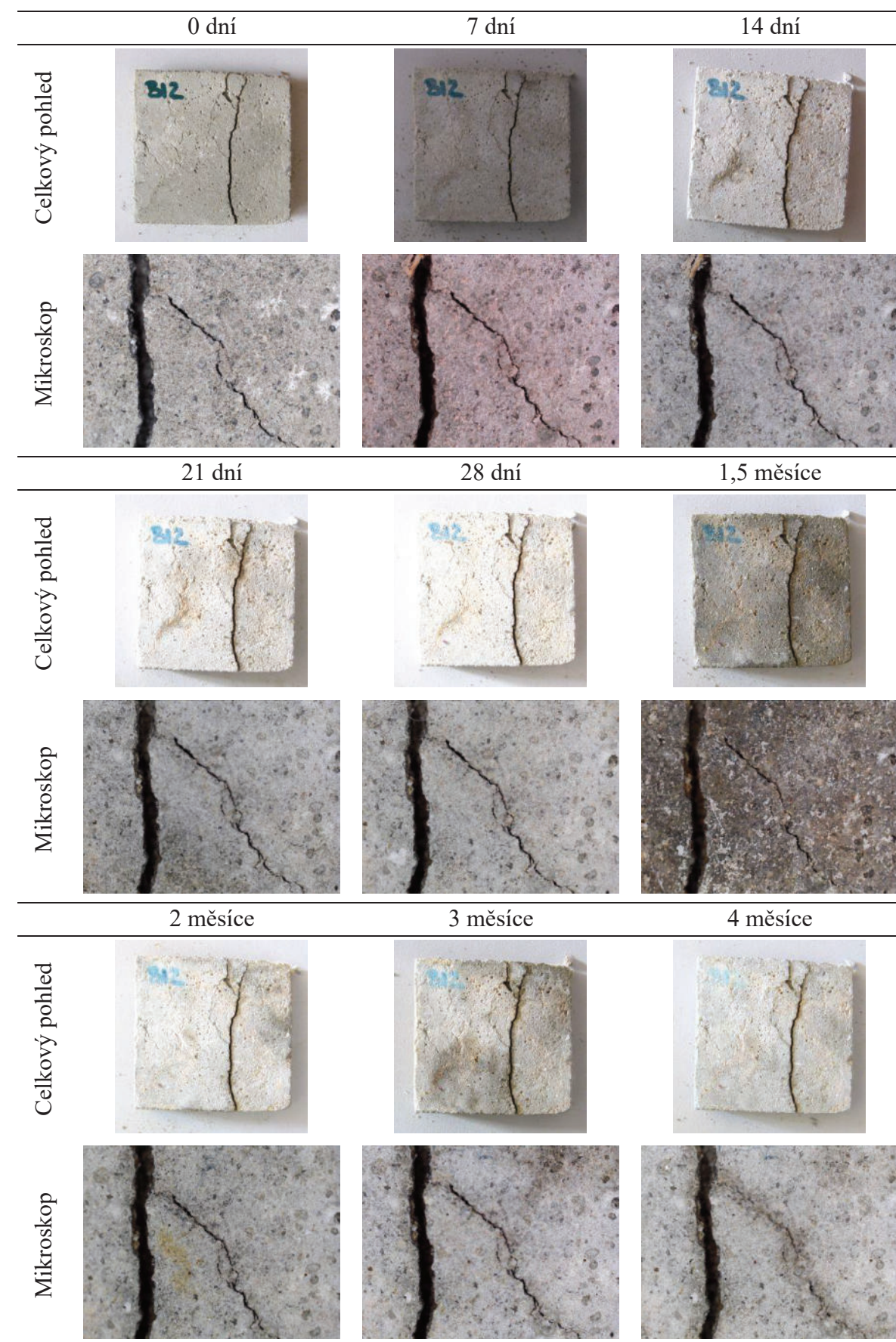




**BI1 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM I**

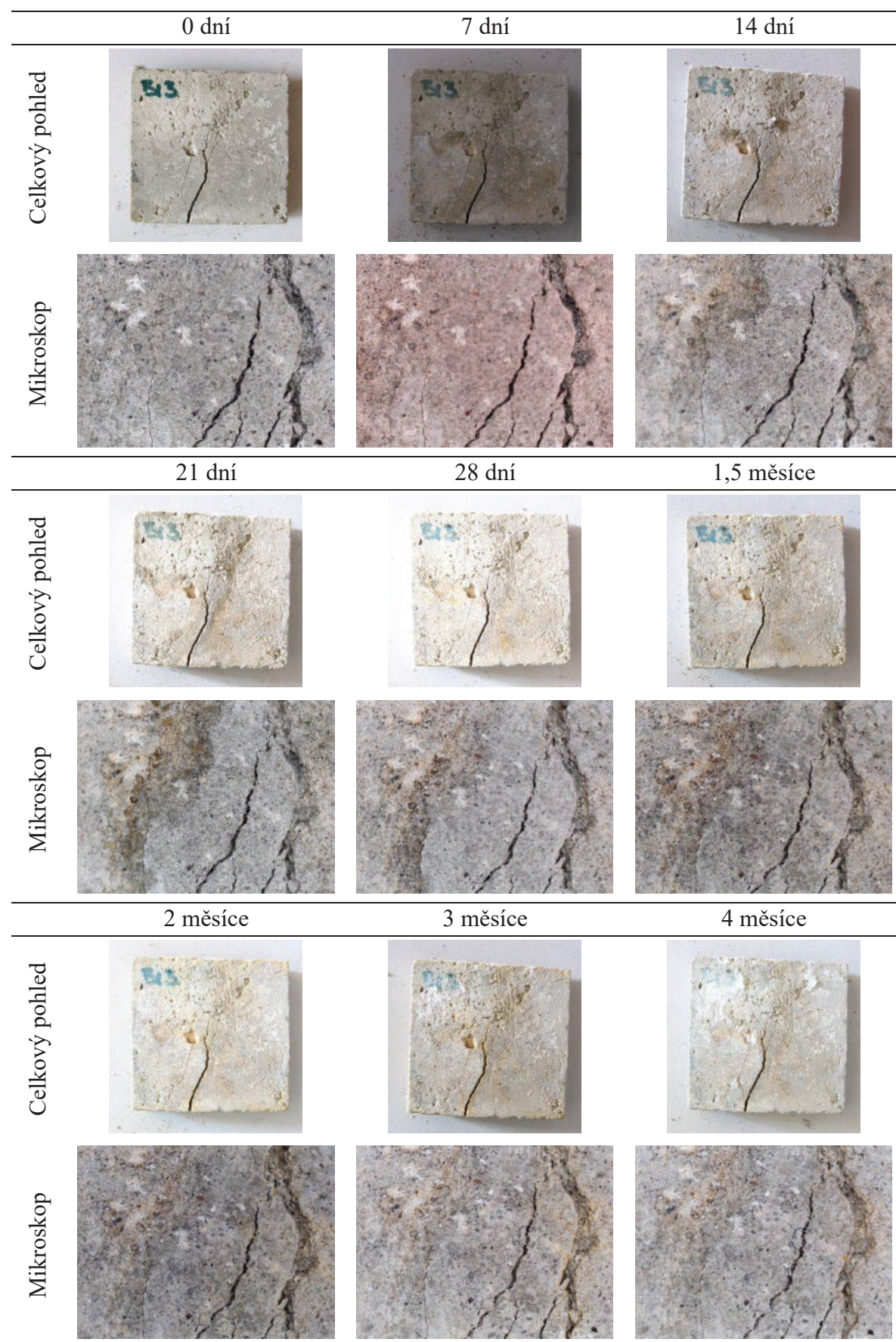


**BI2 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM I**

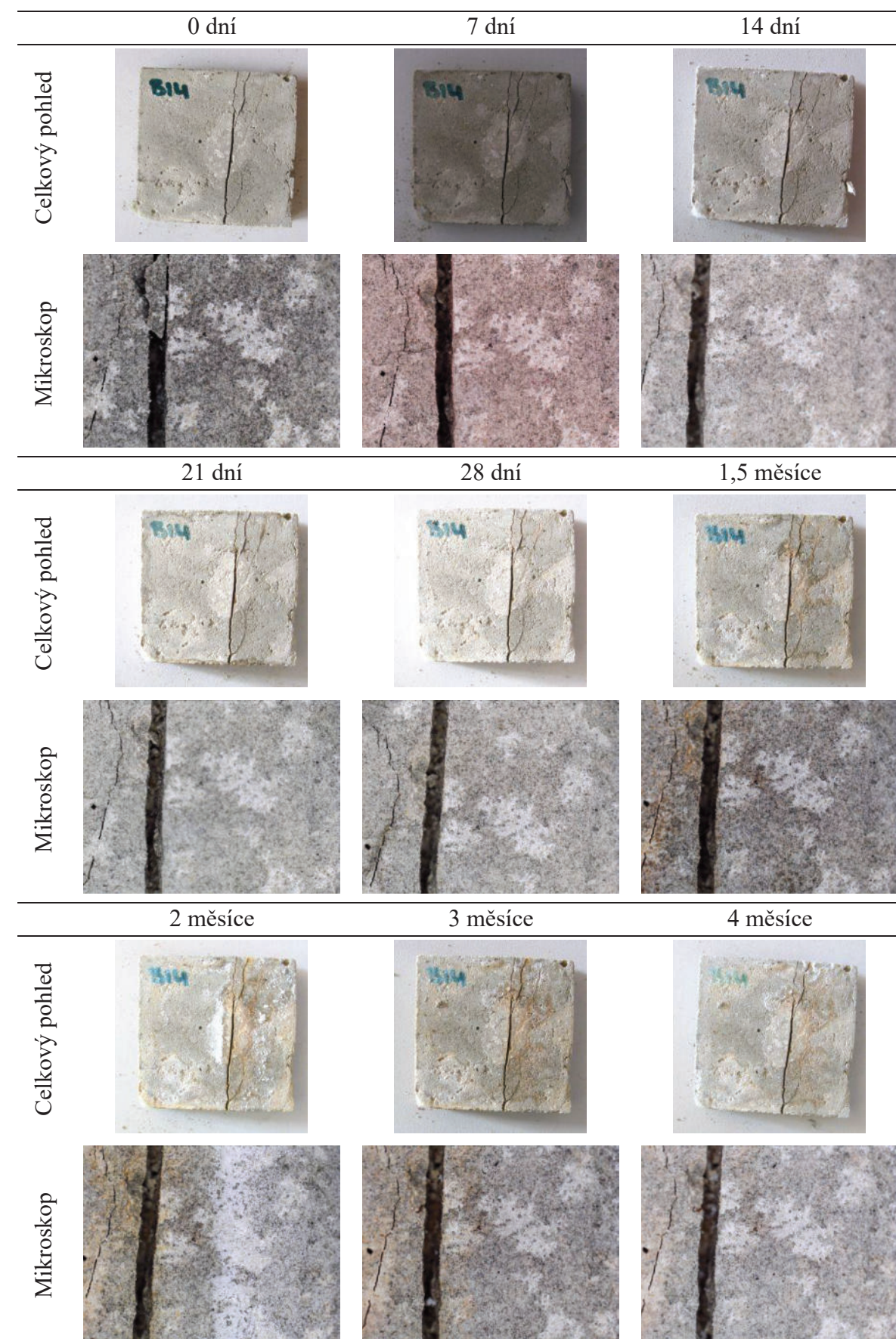




**BI3 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM I**

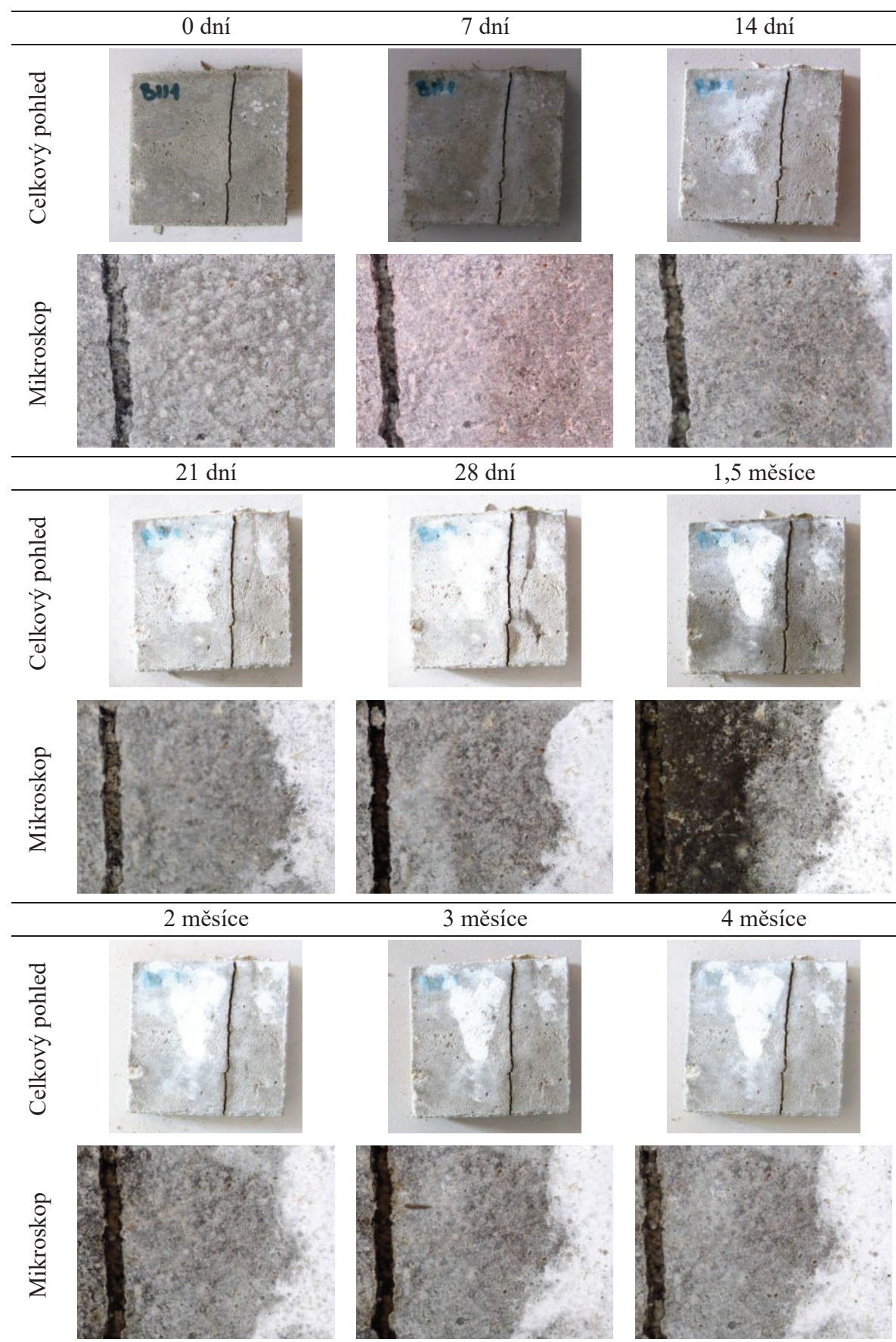


**BI4 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM I**

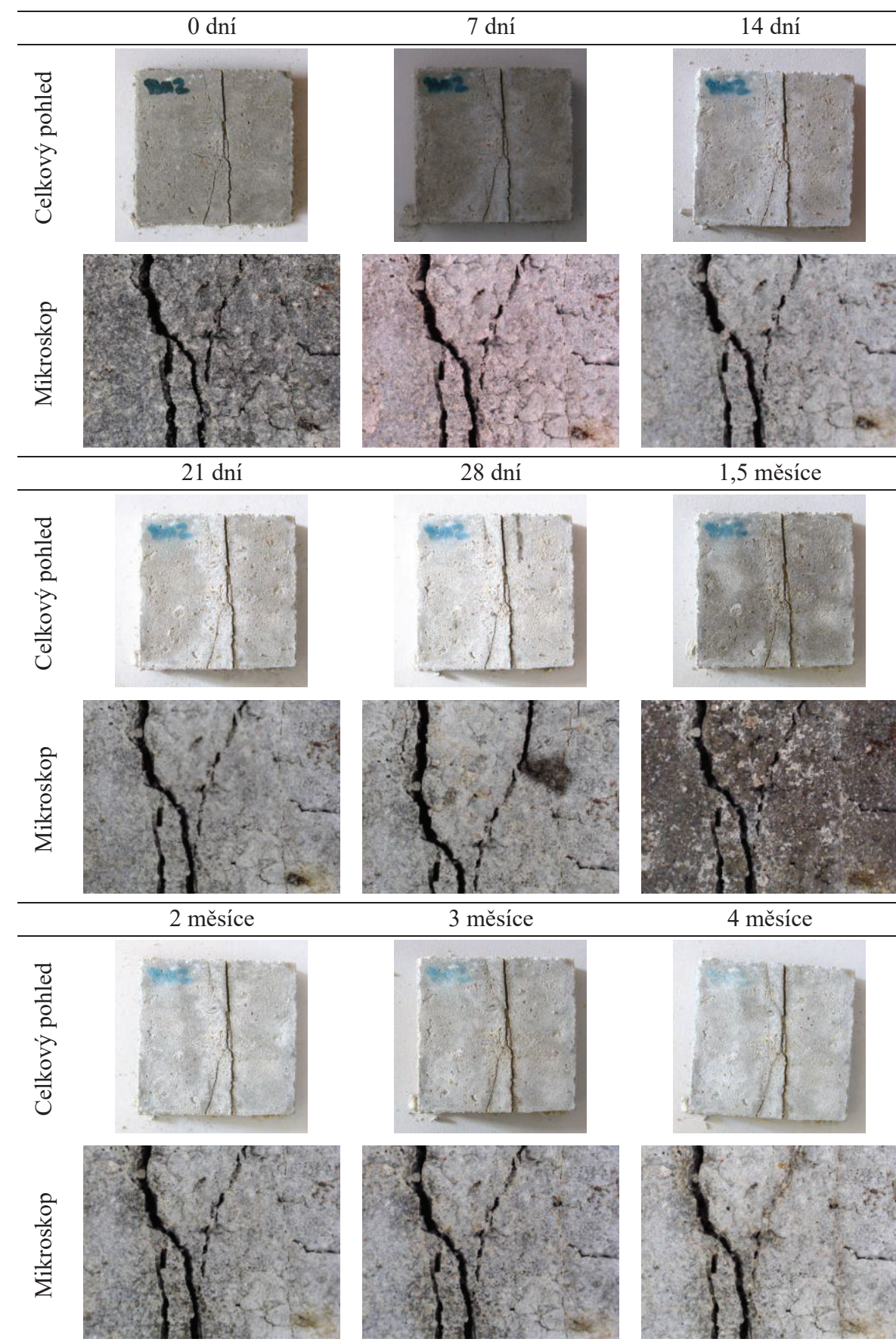




**BII1 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM II**

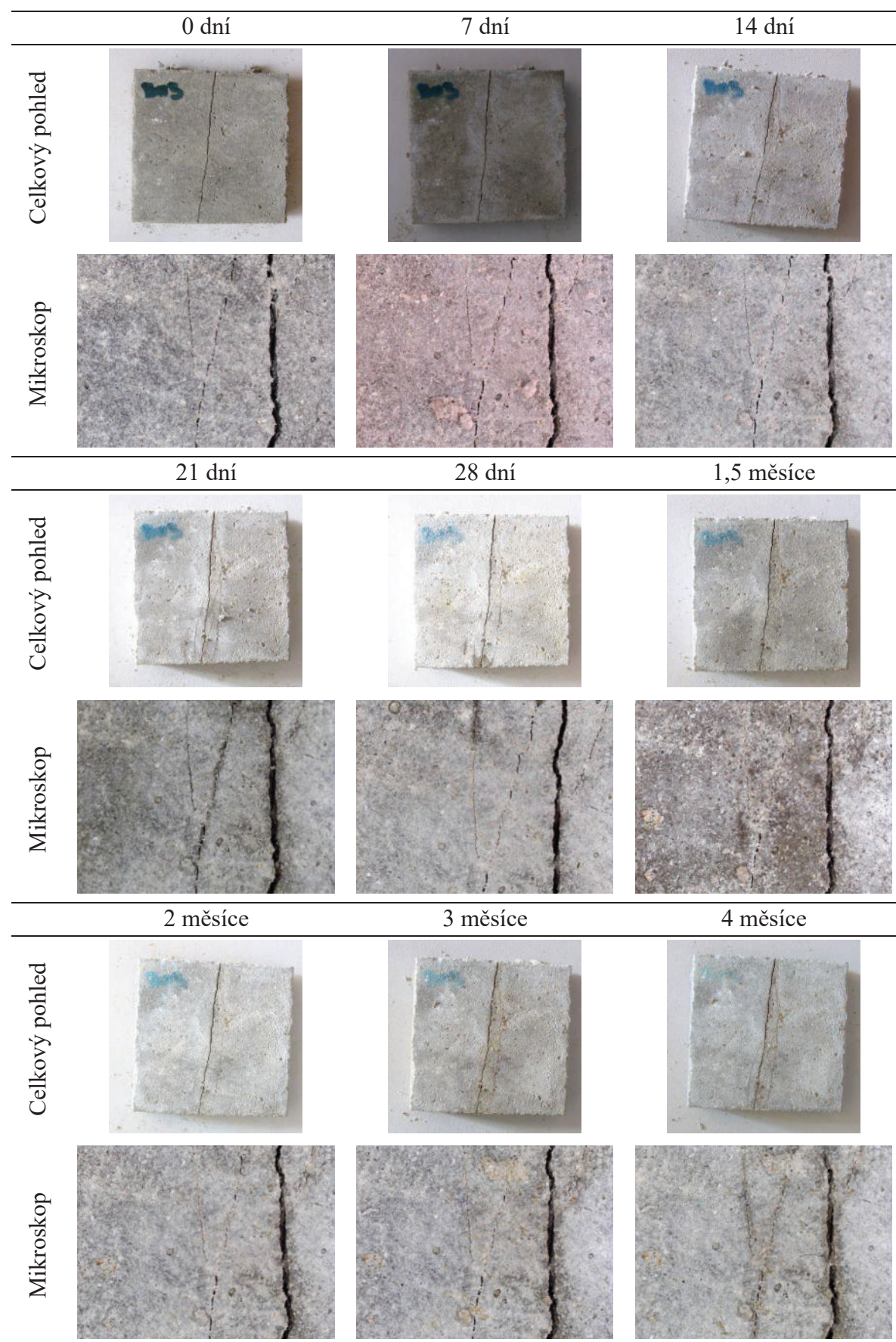


**BII2 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM II**

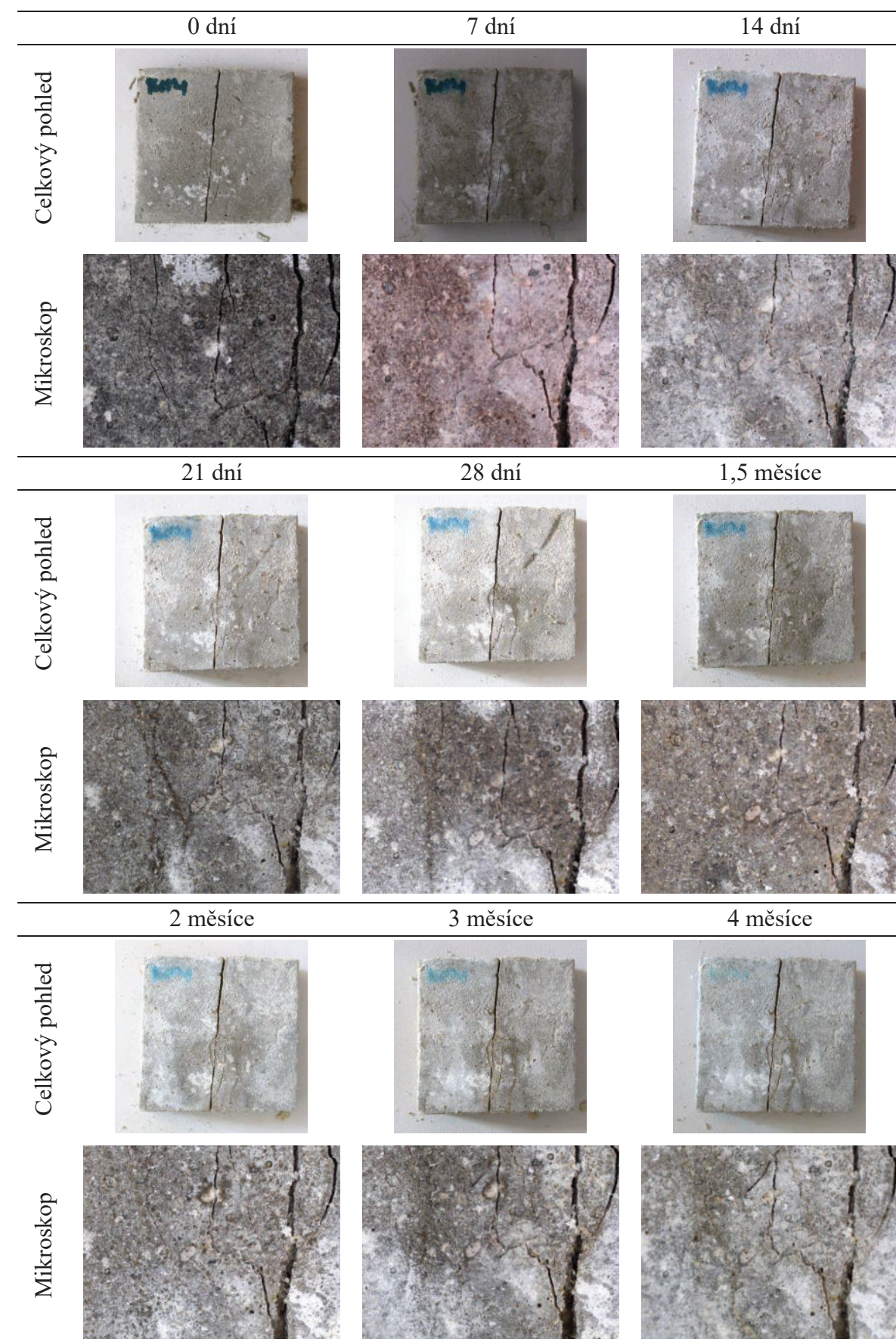




**BII3 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM II**

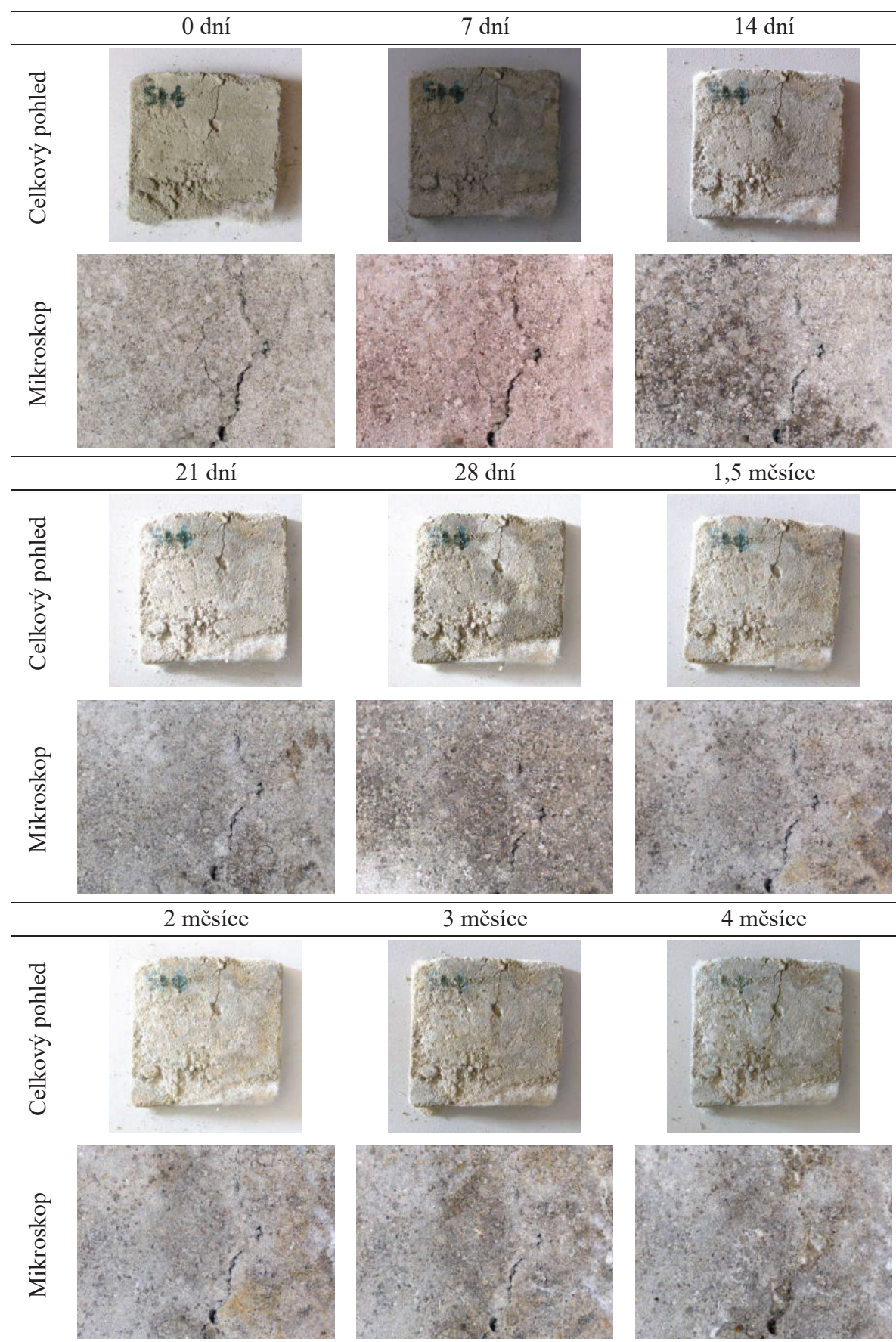


**BII4 – Zkušební těleso s přísadou BASF MasterLife WP 1000, CEM II**

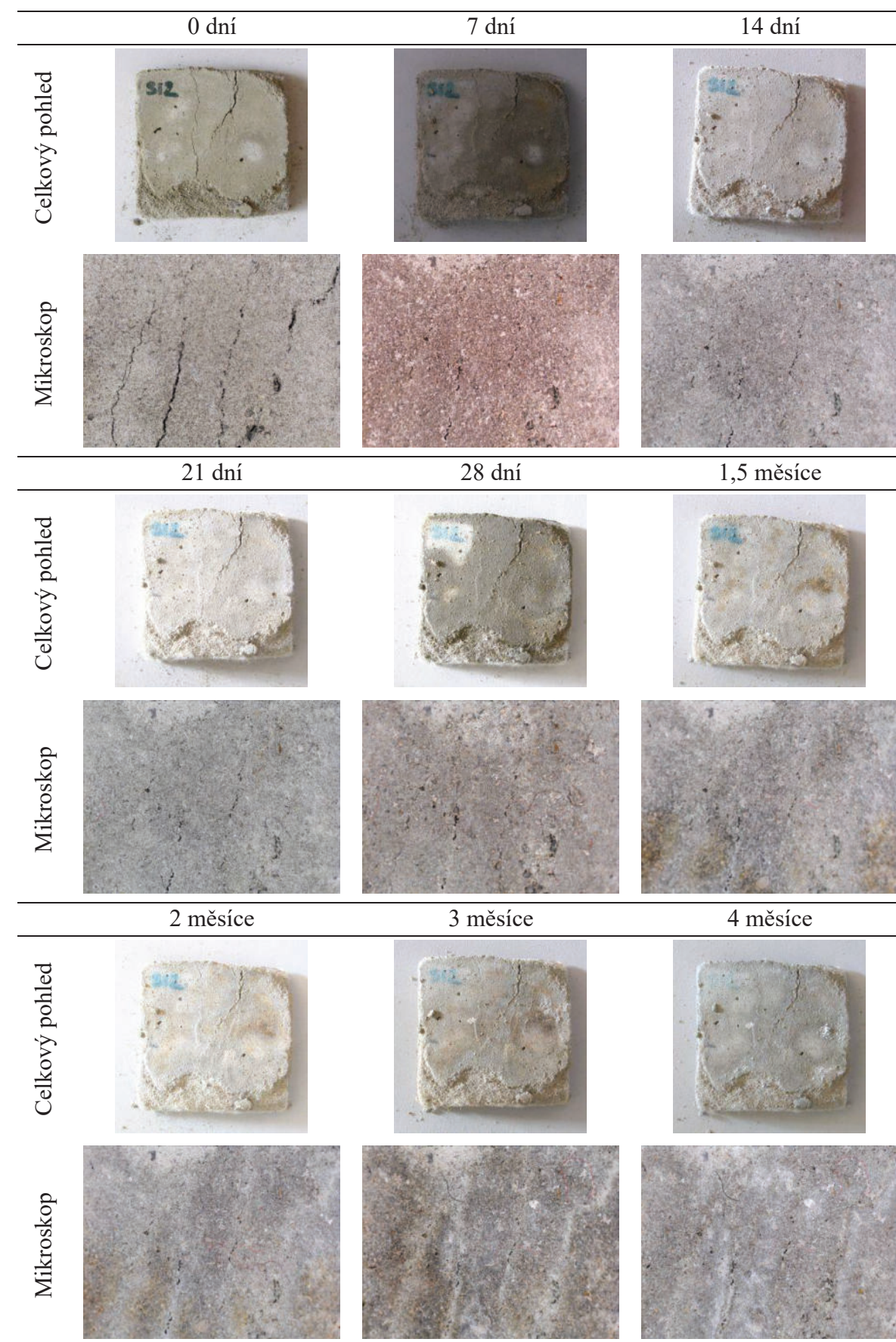




SI1 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM I

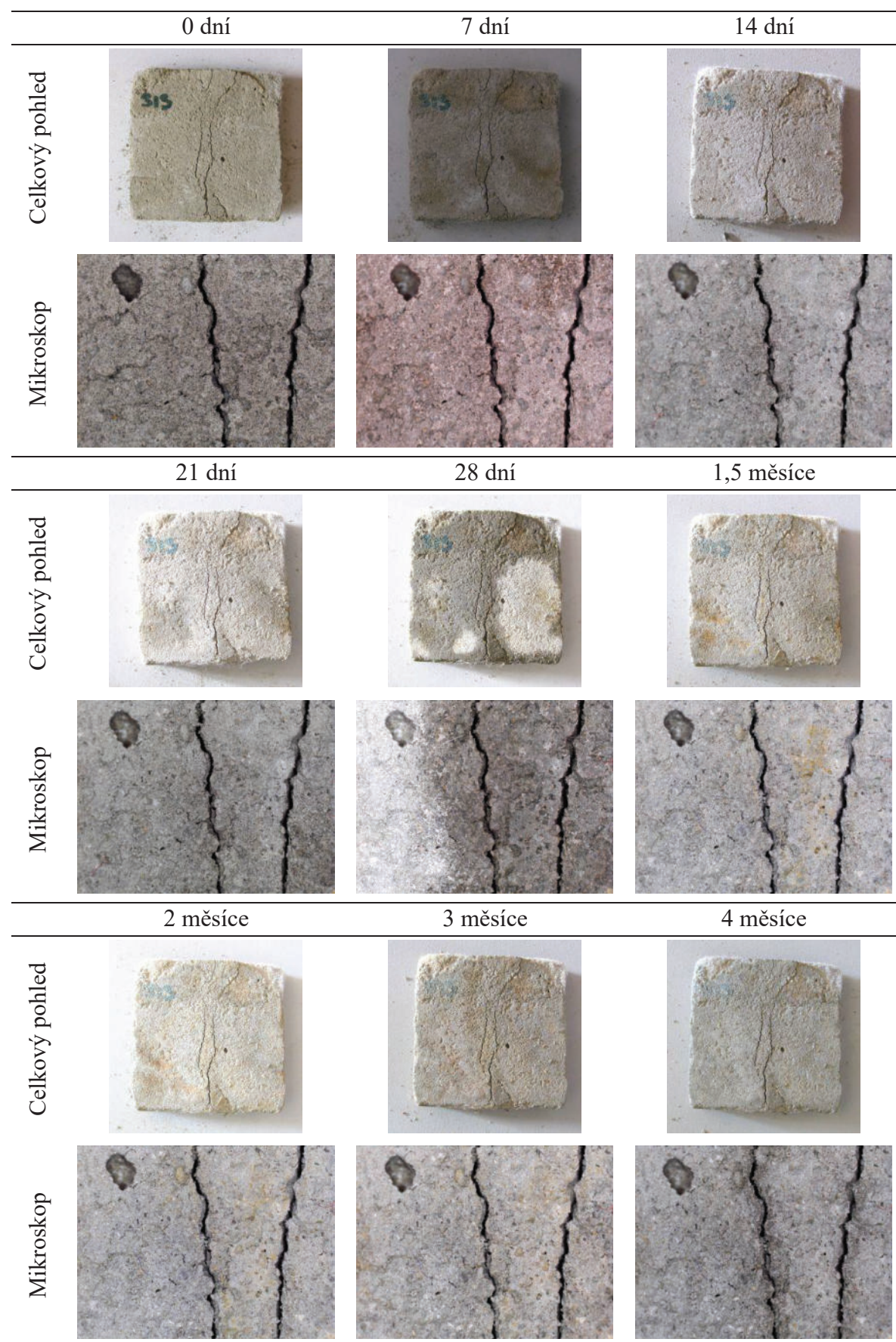


SI2 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM I

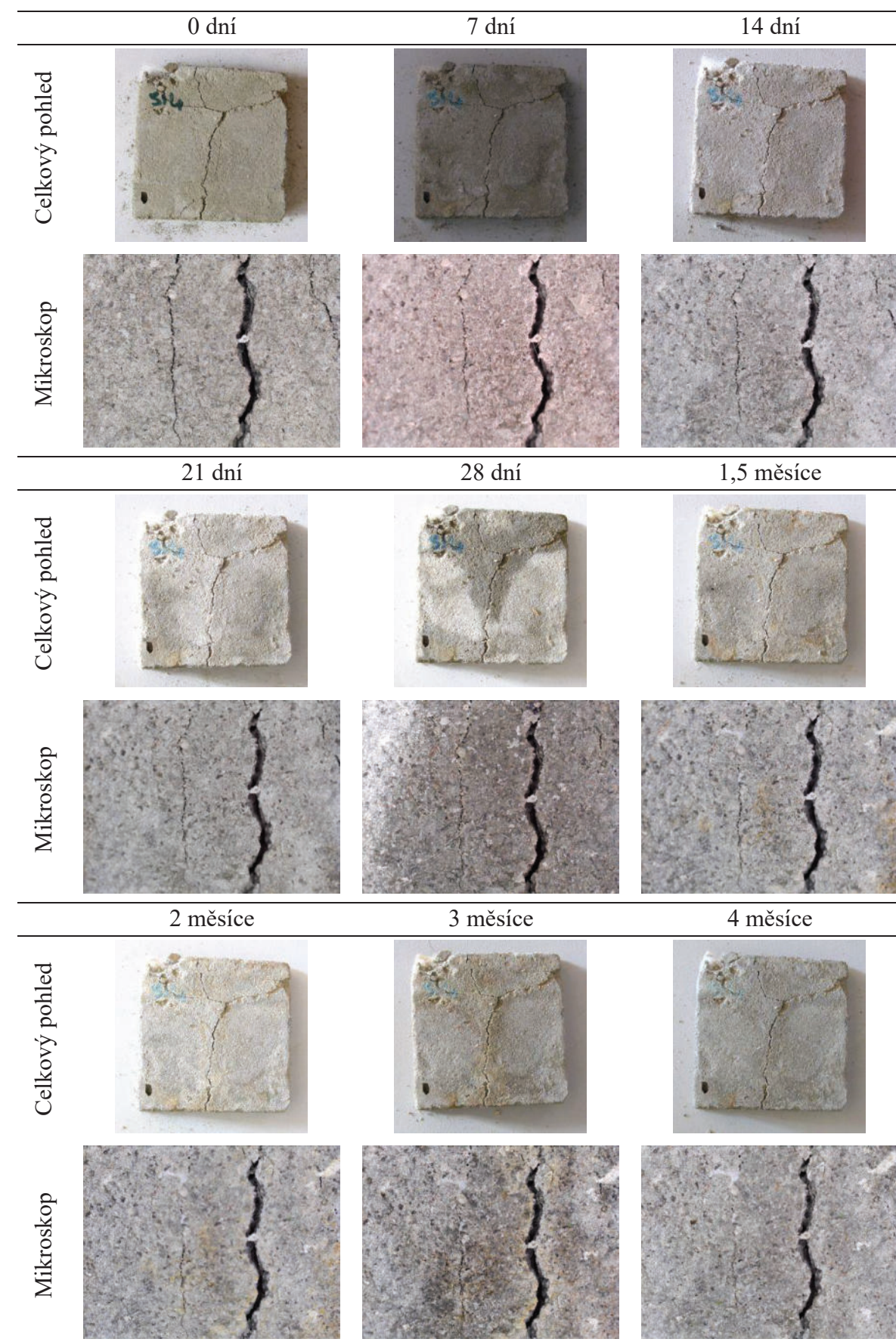




SI3 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM I

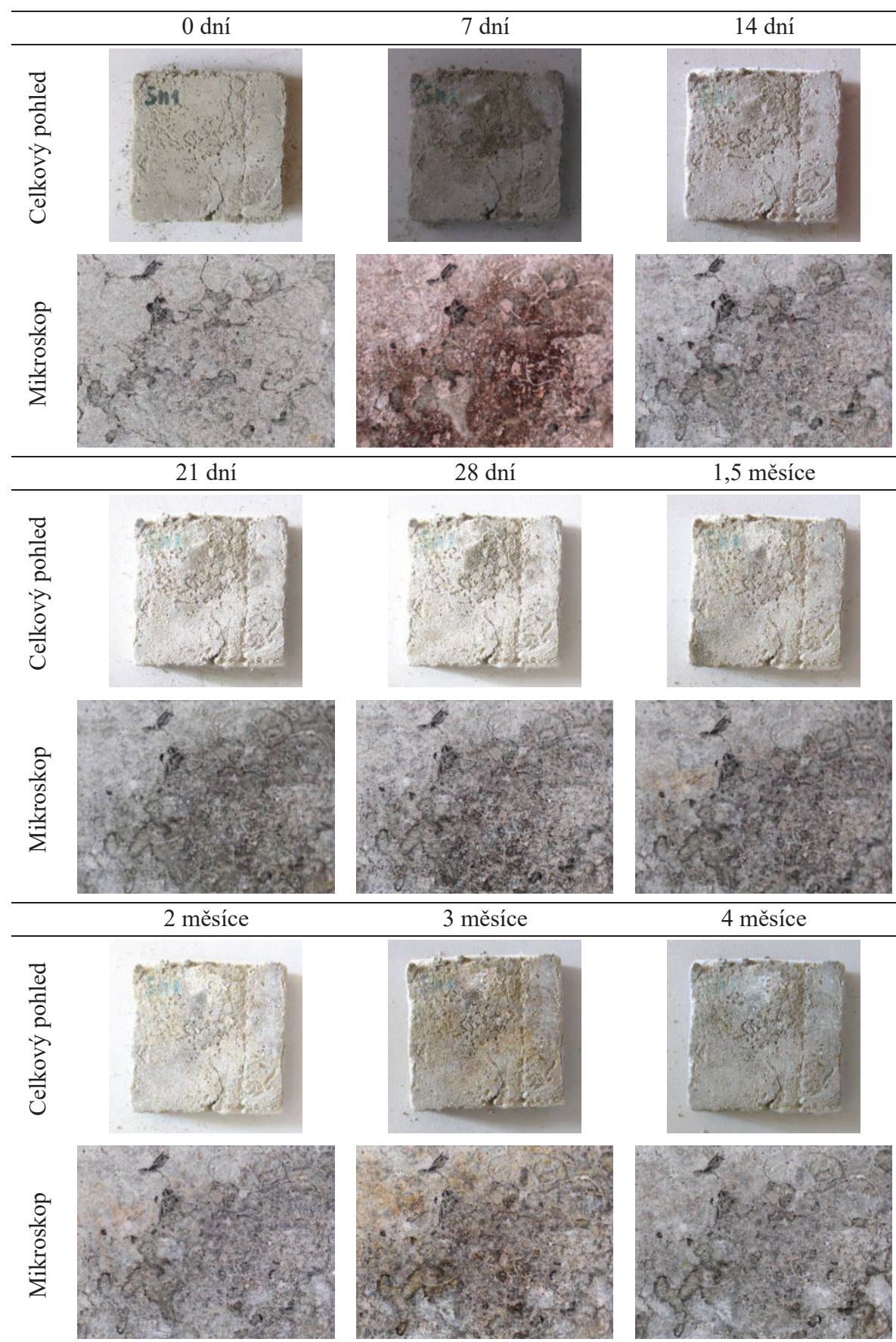


SI4 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM I

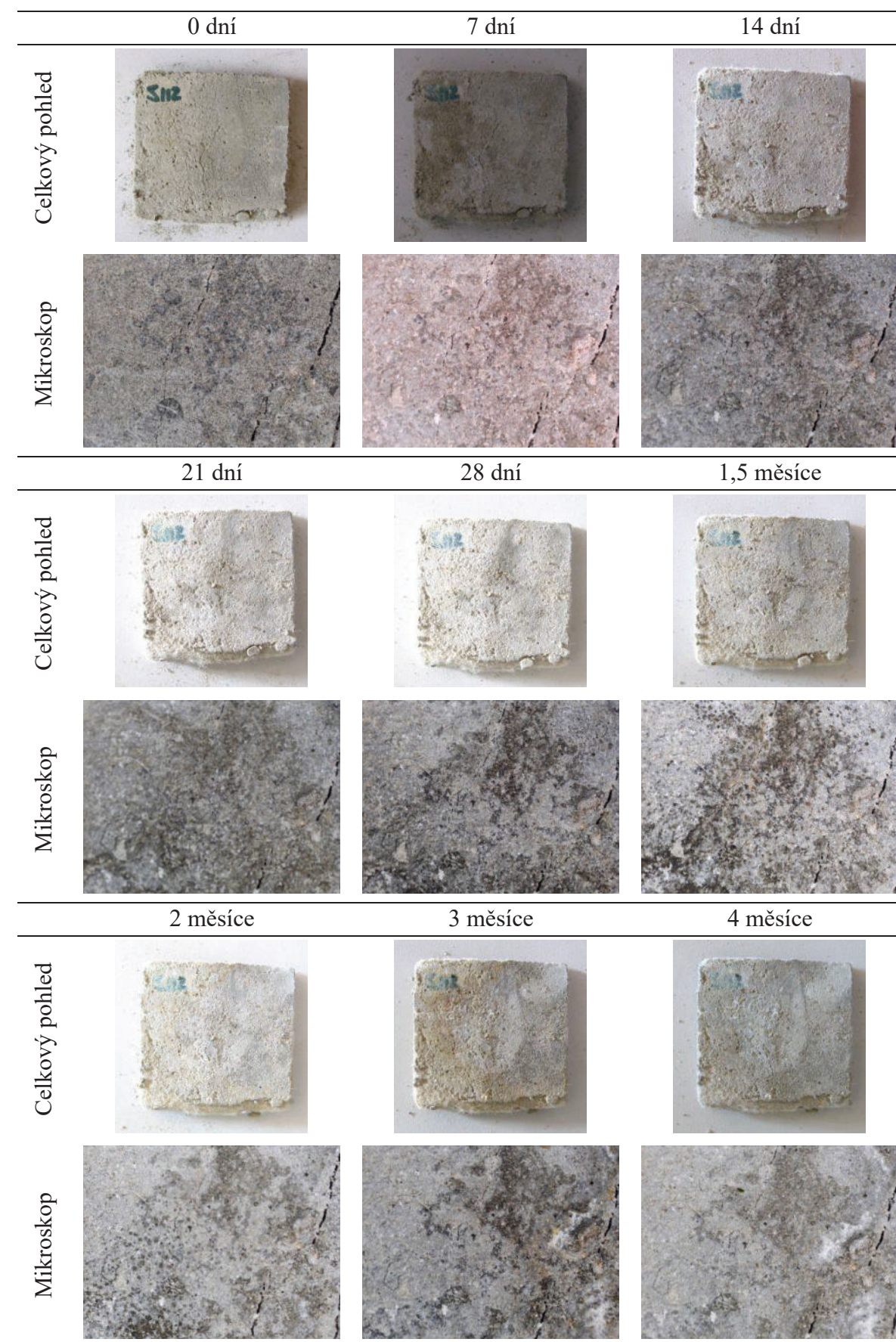




**SI1 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM II**

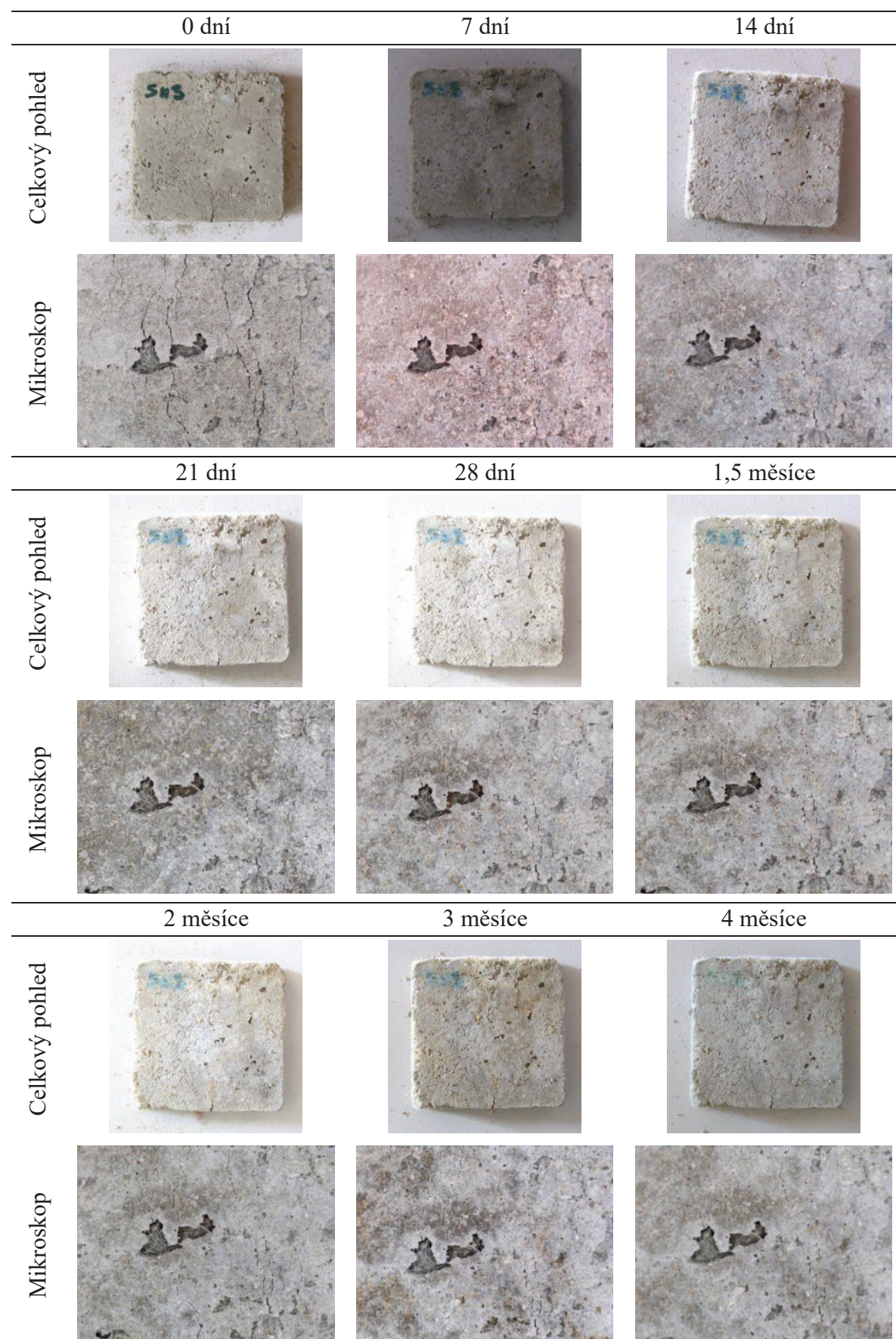


**SI2 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM II**

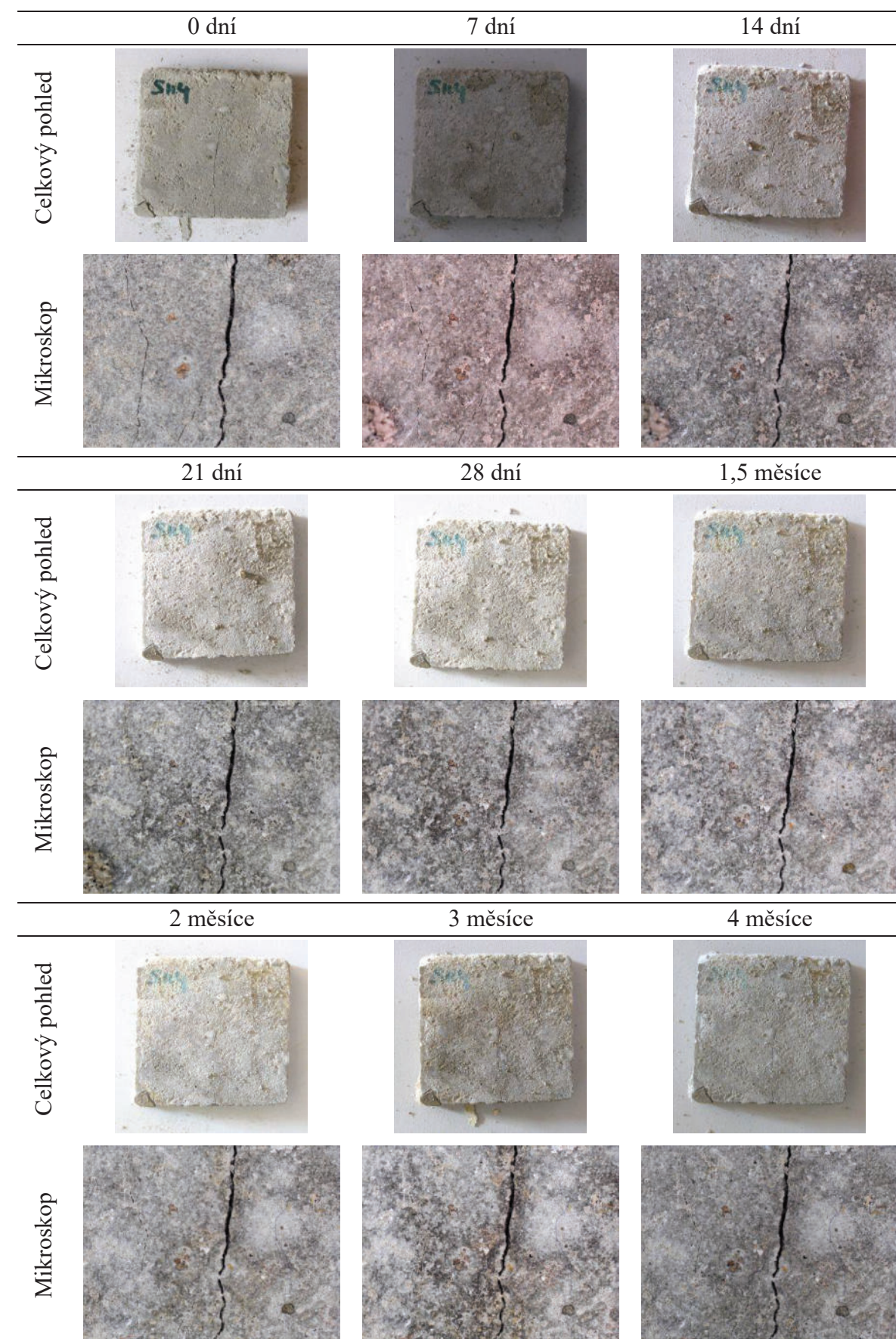




**SI3 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM II**



**SI4 – Zkušební těleso s přísadou Schomburg Betocrete®-CL-170-P, CEM II**







## **Příloha E: Technické listy výrobců krystalizačních přísad**

---





## ADMIX C-1000/C-1000 NF

### Technický list

#### Výrobce

##### Xypex CE s.r.o.

Thákurova 7, 160 00 Praha 6

v licenci:

XYPEX CHEMICAL CORPORATION,

1371 Mayfield Place,

Richmond B.C. CANADA V6V 2G9

#### Distributor

##### NEKAP s.r.o.

kancelář: Thákurova 7, 160 00 Praha 6

tel.: 233 323 902, 224 316 107

fax: 224 313 212

e-mail: info@nekap.cz

www.nekap.cz

#### Charakteristika

Přísada do betonu a malt zpomalující tuhnutí (při stejné konzistenci) podle ČSN EN 934-2+A1 sází Xypex® pro zvýšení vodotěsnosti betonu sekundární krystalickou reakcí.

Jedná se o práškovou přísadu s obsahem aktivní chemické báze Xypex® Admix, která se přidává již při výrobě čerstvého betonu pro zvýšení vodonepropustnosti ztvrdlého betonu a současně pozitivně ovlivňuje zpracovatelnost čerstvého betonu a pevnost ztvrdlého betonu. Přísada Xypex® Admix C-1000 (NF) má stejnou chemickou účinnost (tvorbu těsnících krystalů) ve struktuře betonu, jako nátěrové hmoty Xypex® Concentrate a Xypex® Modified.

#### Oblast užití

Pro výrobu betonových konstrukcí s vysokými nároky na odolnost proti působení vody a agresivních kapalných chemických látek.

#### Vlastnosti výrobku

Počátek tuhnutí:

≥ beton bez přísady + 60 minut

Konec tuhnutí:

≤ beton bez přísady + 360 minut

Obsah chloridových iontů:

< 0,10 %

Odolnost proti chemikáliím (trvalá zátěž):

3 - 11 pH

Obsah alkálií (ekvivalent  $\text{Na}_2\text{O}$ ):

≤ 10 %

Sypná hmotnost suché směsi:

1.100 ± 50 kg/m<sup>3</sup>

Vodotěsnost betonu:

> základní beton

Zvýšení pevnosti betonu (doporučená dávka 1 % hmotnosti cementu):

≥ 10 %

Součinitel filtrace:

< 7.10<sup>-11</sup>

#### Dávkování

Dávkování XYPEX® ADMIX C-1000

1 - 3 % z hmotnosti cementu

Dávkování XYPEX® ADMIX C-1000 NF

0,5 - 1,5 % z hmotnosti cementu

Přísada XYPEX® ADMIX C-1000 (NF) je kompatibilní se všemi druhy cementů podle ČSN EN 197-1 ed.2 i běžnými typy přísad pro úpravu zpracovatelnosti a obsahu vzduchu v čerstvém betonu podle ČSN EN 934-2+A1.

Použití přísady XYPEX® ADMIX C-1000 (NF), její kompatibilitu se zamýšlenými složkami betonu a způsob dávkování se doporučuje konzultovat se specialistou firmy NEKAP s.r.o.

#### Zpracování a aplikace

Přísadu Xypex® Admix C-1000 (NF) lze snadno dávkovat do běžných míchaček a mísících zařízení během standardní výroby čerstvého betonu v jejím přirozeném suchém stavu, buď se složkou drobného kameniva, nebo v praktickém balení do speciálních ve vodě rozpustných sáčků. Také ji lze přidávat ve formě předem připraveného koloidního vodního roztoku v části oddělené záměsové vody. Podrobný návod je uveden v Technologické příručce Xypex® a Obecném technologickém postupu, které jsou závazné pro poskytované záruční podmínky.



## Ošetřování

Obvyklým způsobem jako běžný čerstvý beton (ČSN EN 13670-1 + ČSN EN 206).

## Balení

Rozpustné pytlíky, o hmotnosti 2 až 8 kg, balené do kartonové krabice s PE vložkou.

Plechovka s PE vložkou o hmotnosti 25 kg, resp. 20 kg (NF).

## Skladování

V původních neporušených obalech v chráněném prostředí při min. teplotě +7 °C. Při dodržení skladovacích podmínek je na materiál balený v plechovkách poskytována záruka 1 rok od data prodeje, na materiál balený v krabicích 6 měsíců od data prodeje.

## Bezpečnostní předpisy

Kompozitní směs je vysoce alkalická, netoxická.

Při práci je nutné dodržovat bezpečnostní pokyny a platné předpisy příslušných úřadů o ochraně zdraví. Je nutno použít běžné osobní ochranné pomůcky (oděv, brýle, rukavice). Při aplikaci je třeba vyhýbat se přímému kontaktu s namíchanou směsí. Pokud dojde ke kontaktu s pokožkou, ihned ji pečlivě omyjte čistou vodou. Pokud nepříjemné pocity pokračují, je třeba neprodleně vyhledat lékařskou pomoc. Pokud nastane kontakt s okem, je nutno ihned vymýt čistou vodou a následně vyhledat nejbližší lékařskou pomoc.

Odstraňování odpadu – Odpad dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Obaly je možno uložit na skládce nebo předat odborné firmě k likvidaci.

Podrobné informace jsou k dispozici v Bezpečnostním listu materiálu.

## Certifikace

Certifikaci výrobku provedl a pravidelné dohledy SRV provádí OS č. 0086 BSI (č. 0086-CPR-511456).

Průběžnou kontrolu kvality výroby zajišťuje AZL 1687 LABBET®.





# MasterLife WP 1000

## Krystalizační prášková přísada.

### POPIS VÝROBKU

MasterLife WP 1000 je speciální krystalizační prášková přísada, která se přidává do betonové směsi a dodává jí vodotěsné vlastnosti díky aktivním chemikáliím, které reagují s vlhkostí v betonu a vytváří nerozpustnou krystalickou formu v kapilárních pórech cementového pojiva.

MasterLife WP 1000 reaguje s vodou a vlhkostí vyšší než 95 % a uzavírá a utěsňuje kapilární poréznost a mikrotrhliny o šířce menší než 0,4 mm.

Přísada MasterLife WP 1000 se doporučuje používat tam, kde je vyžadován vodotěsný beton, odolný proti agresi způsobené náročnými podmínkami okolí, a který odolá hydrostatickému tlaku z kladného nebo záporného povrchu betonových desek.

### OBLAST POUŽITÍ

Přísadu MasterLife WP 1000 se doporučuje používat v následujících aplikacích:

- zásobníky pitné a užitkové vody
- bazény
- podvodní stavby
- čističky
- zakládání staveb, desky a opěrné zdi
- bytové a nebytové parkovací stavby
- přehrady a násypy
- přístavy a doky
- stoky, tunely a kanály
- systémy tunelů a podzemních komunikací

### VÝHODY

Přísada MasterLife WP 1000 se stává nedílnou součástí cementové směsi, která betonu dodává vodotěsné vlastnosti díky tvorbě krystalické formy v kapilárních pórech. Reakce probíhá ve vodě od raných fází od 7 do 28 dní, přičemž se uzavírají a utěsňují mikrotrhliny o šířce menší než 0,4 mm čímž se snižuje propustnost a zvyšuje trvanlivost betonu.

### TECHNICKÉ ÚDAJE

skupenství	prášek
barva	šedá
hustota (g/cm <sup>3</sup> )	0,67-0,87

### DÁVKOVÁNÍ

Doporučená standardní dávka je 1-2% hmotnosti cementu. Obvyklá dávka je 1% z hmotnosti cementu. Jiná dávka než doporučená je odvislá od specifických požadavků betonáže a vždy vyžaduje konzultaci technického servisu BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.

### KOMPATIBILITA

MasterLife WP 1000 je kompatibilní s produkty řady MasterGlenium.

### BALENÍ

- pytel 20 kg

### SKLADOVÁNÍ

Chraňte před vlhkem a znečištěním. Při obvyklém skladování je produkt použitelný min. po dobu 18 měsíců.

### BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Dbejte důsledně pokynů uvedených v bezpečnostním listě.

### TECHNICKÁ PODPORA

Příslušný spolupracovník firmy BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. je Vám s dalšími informacemi a technickou podporou rád k dispozici.





We create chemistry

# MasterLife WP 1000

Krystalizační prášková přísada.

Zde poskytnuté informace jsou pravdivé, představují naše nejlepší znalosti a jsou založeny nejen na laboratorních pracích, ale i na zkušenostech z terénu. Z důvodu mnoha faktorů ovlivňujících výsledky, tyto informace poskytujeme bez záruk nebo patentové odpovědnosti. Pro další informace prosím kontaktujte příslušného místního zástupce.

**BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o.**

F. V. Veselého 2760/7, 193 00 Praha 9

Hala D2

tel.: +420 226 212 050

fax: +420 226 212 071

e-mail: [info.cz@basf.com](mailto:info.cz@basf.com)

[www.master-builders-solutions.basf.cz](http://www.master-builders-solutions.basf.cz)

**Zákaznický servis (příjem objednávek)**

tel.: +420 469 607 160

fax: +420 469 607 161

e-mail: [objednavky.cz@basf.com](mailto:objednavky.cz@basf.com)

**Sídlo společnosti:**

K Májovu 1244, 537 01 Chrudim

tel.: +420 469 607 111

fax: +420 469 607 112

**Divize Admixture systems**

**(informace k produktům)**

Mobil: +420 724 755 574

Pracovní podmínky a rozsah použití produktů jsou rozdílné. V technickém listu jsou uvedeny všeobecné pokyny ke zpracování materiálu. Zpracovatel je povinen přezkoušet vhodnost a možnost použití produktu pro zamýšlený účel. V případě požadavků nad rámec všeobecných pokynů je třeba si vyžádat poradenství odborných a technických poradců prodávajícího, které je poskytováno na základě žádosti kupujícího v rámci servisu zákazníkům a řídí se platnými všeobecnými podmínkami prodávajícího. Prodávající neodpovídá za škodu, odchýlí-li se kupující při aplikaci a zabudování výrobků do stavby od technických podmínek, skladovacích podmínek, pokynů výrobce a dob jejich použitelnosti. Aktuální informace o produktech firmy, stejně jako všeobecné obchodní podmínky, jsou dostupné na adrese [www.master-builders-solutions.basf.cz](http://www.master-builders-solutions.basf.cz).

Vydáno: únor 2016. Novým vydáním pozbývá staré platnost.








## TECHNICKÝ LIST

### BETOCRETE®-CL-170-P

výr. č.: 2 06443

Krystalická přísada do betonu s plastifikačními vlastnostmi

	
0764	
SCHOMBURG GmbH & Co. KG Aquafinstraße 2-8 D-32760 Detmold, Německo 17 2 06443	
EN 934-2 <b>BETOCRETE-CL-170-P</b> Plastifikační přísada do betonu EN 934-2:T2	
Obsah chloridů	max. 0,10 hmotn. %
Obsah alkálií	max. 10,5 hmotn. %
Korozivní vlastnosti	obsahuje jen složky dle EN 9341:2008, příloha A.1
Pevnost v tlaku	splněno
Redukce vody	splněno
Obsah vzduchu v čerstvém betonu	splněno
Nebezpečné látky	NPD

NPD = „No Performance Determined (žádný ukazatel není stanoven)“

BETOCRETE-CL170-P je kapalná přísada pro výrobu vodonepropustného betonu s inovativní technologií 2 v 1.

Přípravek působí nejprve chemicky a plastifikuje beton. V dalším kroku se v kapilárním systému působením speciálních katalyzátorů účinných látek, které se aktivují při kontaktu s vodou, vytvoří nanokrystaly, díky kterým je beton permanentně a spolehlivě vodonepropustný.

- Kapalný;
- inovativní technologie 2 v 1;
- krystalizace kapilární struktury;
- úspora vody až 10 %;
- možná samotěsnící schopnost u průběžných / dělicích trhlin do 0,4 mm a u povrchových / částečných trhlin do 0,5 mm; platí pouze pro pasivní trhliny, ne pro aktivní / dynamické trhliny;
- zlepšení odolnosti vůči mrazu/posypové soli;
- snížení migrace chloridů;
- minimalizace nákladů na údržbu a opravy;
- časová úspora;
- jednoduše a bezpečně.

#### Oblasti použití:

BETOCRETE-CL-170-P nachází uplatnění u všech typů betonů všude tam, kde je nutno trvale zamezit průsaku vody.

#### Příklady použití:

chladičí věže elektráren, zásobníky a jímky, záchytné / retenční nádrže, plavecké bazény, parkovací stání / podzemní garáže, základy, sendvičové prvky, bílá vana, kanalizační sítě a šachty, tunely, betonová potrubí a všude tam, kde má být něco utěsněno.

#### Technické údaje:

Barva: bezbarvý, čirý  
Hustota (při +20 °C): 1,19 g/cm<sup>3</sup>  
Teplota zpracování: +8 °C až +30 °C  
Skladování: při teplotách nad +8°C, chránit před mrazem a nečistotami; 12 měsíců v originálním uzavřeném obalu, otevřené balení okamžitě spotřebujte  
Dodávané balení: kontejner 1.100 kg  
sud 250 kg  
kanystr 25 kg

#### Třída ohrožení vody

(WGK): 1 (vlastní klasifikace)

#### Požadavky na beton:

Minimální obsah cementu:

- CEM I: 270 kg/m<sup>3</sup>
- CEM II: 290 kg/m<sup>3</sup>
- CEM III/A: 380 kg/m<sup>3</sup>
- Pucolánové cementy s obsahem pucolánu > 20 %: 300 kg/m<sup>3</sup>

Vysokopecní struska: max. 100 kg/m<sup>3</sup>

Popílek: max. 80 kg/m<sup>3</sup>

#### Zpracování:

##### Dávkování:

Potřebné dávkovací množství činí 1,75 – 2,25 %, vztaženo na CEM, a mj. závisí na receptuře betonu a reaktivitě cementu. Je třeba jej stanovit v rámci průkazní zkoušky. Osvědčily se tyto výšky dávkování:

*Vodní součinitel:*

< 0,4  
> 0,4 – 0,5  
> 0,5 – 0,55

*Dávkování:*

**BETOCRETE-CL-170-P:**  
1,75 % vztaženo na CEM  
1,85 % vztaženo na CEM  
2,00 % vztaženo na CEM

Neměla by být překročena max. výška dávkování 2,25 %, vztaženo na CEM.



---

# BETOCRETE®-CL-170-P

## ***Dávkování v betonárně:***

BETOCRETE-CL-170-P lze přidat společně se záměsovou vodou nebo do hotové betonové směsi.

## ***Dávkování v automíchách:***

Přidat celé množství BETOCRETE-CL-170-P do bubnu míchačky a poté míchat 1 minutu na m<sup>3</sup> obsahu míchačky, nejméně 5 min., pak rychle a plynule zpracovat.

## **Pokyny:**

- Betony modifikované BETOCRETE-CL-170-P mohou mít v závislosti na svém složení na povrchu krystaly.
- Před použitím BETOCRETE-CL-170-P, také s jinými druhy přísad, je třeba podle platných norem provést příslušné průkazní zkoušky.

- Hnědouhelný popílek je vhodný jen podmíněně.
- Je vyloučeno používání cementů CEM III / B a C.
- Omezení týkající se šířky trhlin a vypočtené projektanty / inženýry / statiky musí být za všech okolností dodržena.
- Betony s přidaným BETOCRETE-CL-170-P musí být vyráběny, zpracovávány a dodatečně ošetřovány podle aktuálně platných norem.
- BETOCRETE-CL-170-P může v ojedinělých případech ovlivnit proces tuhnutí betonu. Jako systémově kompatibilní výrobek je k dispozici RUXOLITH-T5 (VZ) pro nastavení procesu tuhnutí betonu.

***Dodržujte platný bezpečnostní list ES!***

---