

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky

Mikrobiologická kvalita interiérového vzduchu (IAQ) v privátním sektoru

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Lubomír Růžek, CSc.

Autor práce: Hana Nováková

2012

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Mikrobiologická kvalita interiérového vzduchu (IAQ) v privátním sektoru“ vypracovala samostatně a použila pouze pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Podpis:

Ráda bych na tomto místě poděkovala panu doc. Ing. Lubomíru Růžkovi, CSc. za cenné připomínky, vstřícnost a podporu, které vedly ke zkvalitnění této práce.

Tímto bych také ráda poděkovala paní Ing. Evě Popelářové, Ph.D. za pomoc a technický dohled při přípravě testovacího materiálu.

Souhrn

Mikroorganismy provázejí lidstvo od počátku dějin a přesto, že nejsou rozeznatelné pouhým okem, jsou prakticky všude - obklopují každého člověka, přičemž velmi výrazně ovlivňují jeho život a tím i vývoj celého lidstva. Při podrobném zkoumání prapůvodců veškerých dějů zblízka lze zjistit, že to jsou právě mikroskopické částice, které ovlivňují veškeré dění okolo nás. Jedná se o zdravotní problémy, recyklaci odpadu, výrobu některých potravin a o mnoho dalších, pro člověka užitečných i nebezpečných důsledků jejich působení.

Biologie, potažmo mikrobiologie, která se zabývá mikroorganismy, je neustále se rozvíjející obor. S většími technickými možnostmi rostou možnosti zkoumání a využívání mikroorganismů. Většina mikrobů je pro člověka a jeho život užitečná, často až nezbytná. Ve venkovním ovzduší i v ovzduší uvnitř objektů se vyskytuje množství mikroorganismů, na jejichž existenci je člověk dlouhodobě adaptován.

Tato práce se zabývá výskytem proteolytických bakterií a vláknitých mikroskopických hub v interiéru soukromého sektoru, který není z hlediska ochrany životního prostředí nijak standardizován ani monitorován, protože spadá, v rámci hygienických předpisů České republiky, pod intimní hygienu jednotlivců. Mikroorganismy ve vnitřním prostředí mohou vyvolat různé typy nežádoucích účinků na zdraví člověka od různých nevolností až po vážné ohrožení zdraví. Kromě infekčních onemocnění patří mezi nejznámější projevy rýma, kašel, bolesti hlavy, alergie, astma a záněty průdušek. Povědomí o hrozbě různých mikrobiologických rizik je pro moderního člověka stejně důležité jako možnosti prevence či přijmutí následných nápravných opatření.

Předmětem práce je zmapovat a vyhodnotit aktuální stav vybraných mikroorganismů ve vybraných soukromých objektech - rodinných domech. Jmenovitě se jedná u vláknitých hub o rody *Penicillium*, *Cladosporium* a *Rhizopus* a separátně i o výskyt kvasinek. U proteolytických bakterií jsou předmětem sledování rody *Bacillus* a *Micrococcus*. Současně s výskytem mikroorganismů jde i o monitoring vlhkosti a teploty jednotlivých odběrových míst, o kterých je všeobecně známo, že mohou významně ovlivnit počty a druhové spektrum vyskytujících se mikroorganismů. K vyhodnocení výsledků je třeba zvolit vhodné statistické metody, jako jsou koeficient korelace, aritmetický průměr, Fisherův F-test a test hypotézy o shodě dvou průměrů; t - test.

Klíčová slova:

mikrobiologická kvalita vzduchu - obytné objekty - vláknité houby - proteolytické bakterie - kvasinky

Summary

Microorganisms do accompany mankind since the beginning. Despite the fact that they are not recognizable by the naked eye, they are present everywhere - every human being is surrounded by them. They significantly impact every human life and thus the evolution of all mankind. During a detailed examination of all causer's events, we closely determinate that a just microscopic particles influence all that happens around us. Mainly speaking about health issues, waste recycling, production of some foods and many more useful processes that can be hazardous or useful to human being in the consequences of their action.

Biology - Microbiology, that deals with microorganisms is a constantly evolving field. With greater technological capabilities are also increasing the possibility of exploration and exploitation of microorganisms. Most of microbes are useful and often necessary to man's life. In the outdoor and indoor air pollution are also rich objects microorganisms, whose existence is one long adapted.

This work, however, deals mainly of risky groups of microorganisms in interior air of the private sector. This sector is not, in terms of environmental protection, standardized and monitored. It comes under the health rules, the intimate hygiene of individuals. Microorganisms appearing in indoor environments can cause different types of adverse effects on human health. Health problems include nausea and difficulties with sensory organs to the serious health threat. Beside to infectious diseases are most famous cold, cough, headache, allergies, asthma and bronchitis. Awareness of the threat of different microbiological risk for the modern man is as important as the possibility of preventing or receiving subsequent remedial measures.

Subject of this thesis is to detect and evaluate the current status of selected microorganisms in selected private facilities - family houses. Namely talking about the genera of *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Bacillus* and *Micrococcus* and separately also the presence of yeast. Simultaneously with the occurrence of microorganisms is useful to monitor also the humidity and temperature of the sampling points, that can significantly affect the amount and range of species occurring microorganisms. To correctly evaluate results its important to choose appropriate statistical methods such as the correlation coefficient, an average, Fishers F-test and the test of hypotheses about the practices of two averages; t - test.

Keywords:

microbiological air quality - residential buildings - filamentous fungi - proteolytic bacteria - yeasts

1. ÚVOD	1
2. CÍL	3
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
3.1. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ	4
3.2. KVALITA INTERIÉROVÉHO VZDUCHU	8
3.3. MIKROBIOLOGICKÁ KVALITA INTERIÉROVÉHO VZDUCHU	12
3.4. MIKROSKOPICKÉ VLÁKNITÉ HOUBY (MIKROMYCETY; PLÍSNĚ)	16
3.5. KVASINKY	29
3.6. BAKTERIE	32
4. METODIKA	37
4.1. POUŽITÁ KULTIVAČNÍ MÉDIA	37
4.2. PŘÍPRAVA ŽIVNÝCH PŮD	38
4.3. VOLBA/ VYTIPOVÁNÍ ODBĚROVÝCH MÍST	39
4.4. SPECIFIKACE SLEDOVANÝCH OBJEKTŮ	42
4.5. ODBĚR VZORKŮ	44
4.6. INKUBACE NAOČKOVANÝCH VZORKŮ	46
4.7. VYHODNOCENÍ ODBĚRŮ	46
5. VÝSLEDKY	48
5.1. PŘEHLED NAMĚŘENÝCH HODNOT	48
5.2. PRŮMĚRNÉ MIKROBIÁLNÍ ZATÍŽENÍ – CELKOVÉ HODNOTY	49
5.3. PRŮMĚRNÉ POČTY SLEDOVANÝCH SKUPIN MIKROORGANISMŮ	51
5.4. TEPLOTA A VLHKOST	52
5.5. PRŮMĚRNÉ MIKROBIÁLNÍ ZATÍŽENÍ – JEDNOTLIVÉ MIKROORGANISMY	57
5.6. TESTOVACÍ STATISTIKY	73
6. DISKUZE	79
7. ZÁVĚR	83
8. SEZNAM LITERATURY	85
8.1. SEZNAM PUBLIKACÍ	85
8.2. ELEKTRONICKÉ ZDROJE	88
8.3. LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY A NORMY	91
9. PŘÍLOHY	91
9.1. SEZNAM TABULEK	91
9.2. SEZNAM GRAFŮ	93
9.3. SEZNAM OBRÁZKŮ	97
9.4. POUŽITÉ ZKRATKY	98
9.5. FOTODOKUMENTACE	99

1. Úvod

Člověk může přežít několik dní bez jídla, pár dní bez vody, ale jenom několik minut bez vzduchu. Vzduch je pro zachování života většiny živočichů a rostlin nezbytně nutný, protože dýchání je činnost, kterou provádíme bez přestání po celý svůj život – od narození až do smrti. Dospělý člověk spotřebuje denně kolem 15 kg vzduchu, z nichž se při klidném dýchání zhruba 0,5 kg kyslíku vstřebává do krve a podléhá metabolickým procesům v těle. Působení jiných složek prostředí se může člověk vyhnout, což u vzduchu prakticky nejde a z tohoto důvodu je nezbytně nutné, aby tomu, co dýcháme, byla věnována maximální pozornost, protože právě na kvalitě dýchaného vzduchu může záviset nejenom naše pocitová a fyzická pohoda, ale i naše zdraví nebo třeba i náš život.

Vzduch, který dýcháme, neobsahuje však pouze plyny jako dusík, kyslík, oxid uhličitý a vzácné plyny, ale také vodní páry a části anorganického a organického materiálu. Při dostatečně vysokém znečištění ovzduší je možno tyto částice vidět i pouhým okem v podobě prachu, kouře nebo smogu. Anorganické částice ve vzduchu mohou zahrnovat nepatrné úlomky kamenů, produkty spalování a prach z venkovního prostředí. Částice biologického původu zahrnují viry, bakterie, aktinomycety, různé fragmenty plísní, spóry plísní a rostlin, pyl, části rostlin a jejich malá semena, některé bezobratlé živočichy, fragmenty a exkrementy vyšších živočichů (chlupy, kožní epitel, vlasy, hleny, apod.). Všechny tyto částice jsou v rozsahu 1 - 200 μm .

Díky bohaté ekologické osvětě zahrnující též čistotu ovzduší, která probíhá již několik desítek let, panuje mezi lidmi všeobecná povědomost o látkách znečišťujících ovzduší a také o rizicích, která s sebou přinášejí. Jedná se zejména o látky vznikající jako vedlejší produkty antropogenní činnosti, které jsou pravidelně monitorovány, jako jsou oxid siřičitý, polévatý prach PM 10 či PM 2,5, VOC, PAU, PCB, oxidy dusíku, přízemní ozón, apod. Znečištění ovzduší patří k nejvíce sledovaným parametrům životního prostředí.

Již menší povědomost veřejnosti panuje v oblasti znečištění ovzduší organickým materiálem a zejména pak bakteriemi a mikroskopickými vláknitými houbami či jejich spórami. Snad nejvíce obávanou hrozbou v tomto směru jsou bojové biologické zbraně využívající biologická agens (živé choroboplodné mikroorganismy - bakterie, rickettsie, chlamydie, viry a mikroskopické houby, které jsou schopné vyvolat infekční onemocnění nebo otravy lidí, zvířat a rostlin) jakožto „bojového materiálu“.

Dalším významným problémem při nadměrném znečištění ovzduší mikroorganismy je možný vznik závažných onemocnění či alergií. Například spóry bakterií jsou schopné přežívat měsíce až stovky let. Největší výskyt spór je pozorován od vrcholu léta až do podzimu. Jejich koncentrace může až stonásobně překročit koncentraci pylových zrn na vrcholu sezóny. Z mikroorganismů jsou bakterie a mikroskopické vláknité houby uváděny jako významné alergeny hned za roztoči, prachem a alergeny domácích živočichů. Z hygienického hlediska je závažná produkce toxických látek – toxinů, jež jsou produkovány jak bakteriemi, tak plísněmi. Výskyt alergických nemocí je v různých zemích rozdílný v závislosti na klimatických podmínkách a industriálních faktorech. Obecně platí, že čím vyspělejší společnost, tím vyšší výskyt alergií.

Na rozdíl od ostatních škodlivin v interiéru se mohou mikroorganismy v různých místech vnitřního prostředí kumulovat (v potrubí vzduchotechniky, na filtrech čistících zařízení, v nádržkách zvlhčovačů, v kobercích, čalouněném nábytku, za tapetami, apod.) a při vhodných podmínkách se mohou rozmnožovat. Díky tomuto se pak ve vnitřním prostředí mohou vyskytovat v koncentracích několikanásobně vyšších než je jejich koncentrace ve venkovním ovzduší. Hlavním zdrojem bakterií a virů jsou prokazatelně samotní uživatelé bytu, kdy venkovní vzduch má na jejich vnitřní koncentraci malý podíl. Koncentrace bakterií a virů ve vnitřním prostředí se mění velice rychle v závislosti na počtu osob v místnosti, na jejich aktivitách, na velikosti prostoru a na způsobu a četnosti větrání. Co se týká plísní, pro ty lze najít stacionární vnitřní zdroje (kolonie plísní na stěnách, potravinách, pokojových rostlinách, květináčích, apod.). Koncentrace plísní v ovzduší je závislá zejména na ročním období a klimatických podmínkách.

Výskyt alergických onemocnění kolísá dle statistik Světové zdravotnické organizace mezi 5 až 20% dospělé i dětské populace, přičemž více alergiků nalezneme mezi městským obyvatelstvem. V České republice, dle SZU, dosahují alergické choroby kolem 20%, ovšem u mladé generace do 15 let činí až 25%. Co se týká alergické rýmy, je to 7,4% a u kožních alergií je to 4,5% postižených. V absolutních číslech je to více než 700 000 osob trpících některou z forem alergické rýmy a přes 400 000 nemocných má alergické kožní onemocnění. Tato odstrašující čísla ukazují, že i výskyt mikroorganismů v ovzduší není zanedbatelný a neměl by být podceňován.

2. Cíl

Cílem této práce je zjistit stav vnitřního ovzduší v soukromém sektoru, konkrétně v rodinných domech. Vzhledem k tomu, že jeho sledování není předmětem žádných legislativních požadavků a norem, tak není ani předmětem pravidelného monitoringu. Z tohoto důvodu také neexistují žádná všeobecně známá konkrétní čísla vystihující tento stav.

Hlavním předmětem této práce je zmapování proteolytických bakterií a vláknitých mikroskopických hub v interiéru vybraných domů. Jedním ze sledovaných hledisek bude i porovnání vždy dvou domů s podobným charakteristikami.

Tato práce není zaměřená na zmapování detailní mikrobiologické situace, ale především jde o zhodnocení výskytu předem vyspecifikovaných mikroorganismů, které mohou být příčinou případných zdravotních obtíží, zejména pak alergií, u člověka.

Práce zahrnuje literární rešerši o mikrobiálním mikroklimatu budov, specifikách vnitřního vzduchu, hygienických limitech a detailnější informace o sledovaných mikroorganismech. Dále je zde popsán postup přípravy testovacího materiálu, způsob a průběh odběru vzorků vnitřního ovzduší, způsob a metody statistického vyhodnocení získaných dat včetně komentáře.

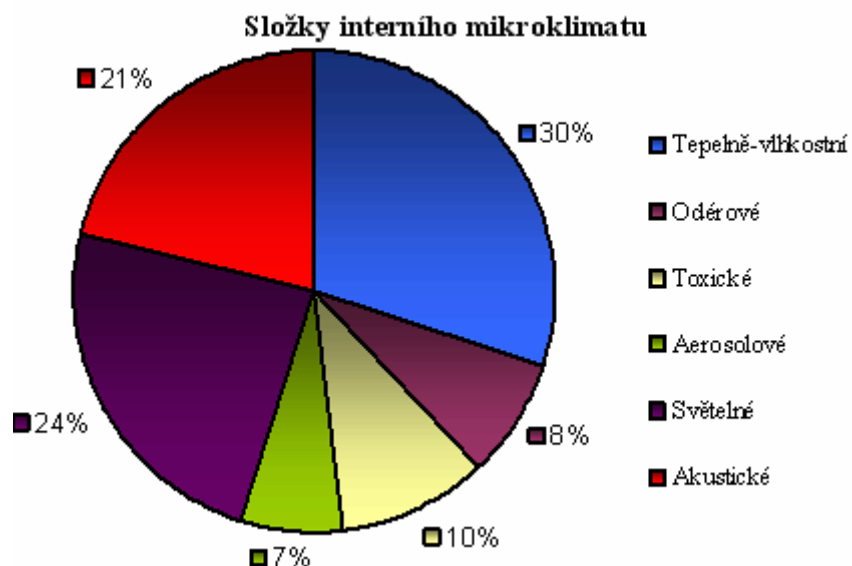
3. Literární rešerše

3.1. Vnitřní prostředí

Kvalita prostředí budov má rozhodující vliv na pohodu a zdravotní stav člověka. Z tohoto důvodu jsou přípustné hodnoty jednotlivých faktorů prostředí sledovány, jsou dány jejich limity a postupy pro jejich měření a hodnocení. Jedná se o soubor fyzikálních, chemických a biologických faktorů - tepelně vlhkostní podmínky, proudění vzduchu, prašnost, osvětlení, hluk a vibrace, elektrická a elektromagnetická pole, koncentrace chemických látek v ovzduší i případná mikrobiální kontaminace. Všechny tyto faktory jsou ovlivněny jak činností člověka, tak vlastní konstrukcí budovy a vybavením interiéru.

3.1.1. Složky interního mikroklimatu

- Tepelně-vlhkostní: tvořeno tepelnými a vlhkostními toky
- Odérová: jedná se o toky odérových látek v ovzduší
- Toxická: složka tvořená toky plyných toxických látek s patologickými účinky
- Aerosolová: tvořeno aerosolovými toky v ovzduší; mimo jiné zahrnuje i bioaerosoly s mikroorganismy
- Světelná: jde o intenzitu a spektrální složení světla
- Akustická: jedná se o zvukové vlny - jejich intenzitu a průběh



Graf č. 1: Složky interního mikroklimatu (elektronický zdroj č. 1)

3.1.2. Doporučené parametry pro vnitřní prostředí

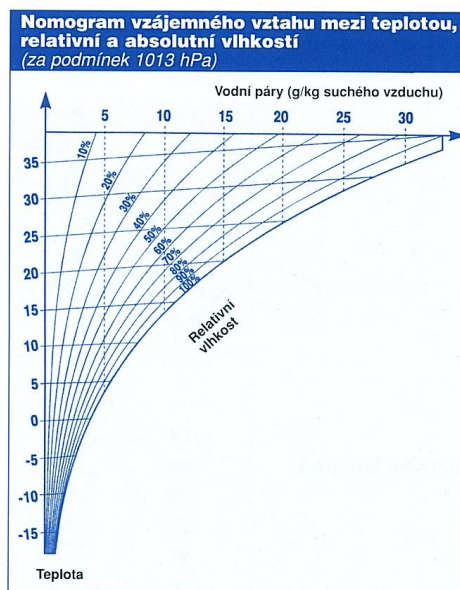
Tabulka č. 1 ukazuje doporučené hodnoty pro jednotlivé parametry vnitřního prostředí a to v závislosti na topném a netopném období.

Parametr		Topné období		Letní období	
		Optimální	Přípustné	Optimální	Přípustné
Teplota ovzduší	°C	20,8 +/-0,8	18–24	26 +/-0,5	22–28
Teplota podlahy	°C	min. 24	min. 17,5	min. 24	min. 17,5
Relativní vlhkost	%	30–55	20–70		
Rychlost proudění vzduchu	m/s	max. 0,15	max. 0,20	max. 0,15	max. 0,20

Tab. č. 1: Doporučené parametry vnitřního prostředí

Zdroje použité pro tabulku č. 1: (Jokl, 2002), (Klabzuba a Kožnarová, 2002), (Světová zdravotnická organizace – regionální úřadovna pro Evropu a SZU, 2000), (vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 6/2003 Sb.)

Bližší vyjádření vztahů mezi teplotou, relativní a absolutní vlhkostí ukazuje přiložený nomogram, viz obrázek č. 1. Graf ukazuje, že se zvyšující se teplotou dochází zároveň ke zvyšování množství vodních par v ovzduší.



Obr. č. 1: Vztah mezi teplotou, relativní a absolutní vlhkostí (Světová zdravotnická organizace – regionální úřadovna pro Evropu a SZU, 2000)

Vlhkost v budovách a její zdroje:

Obsah vodních par v interiéru je určován jednak stavem vodních par v exteriéru a jednak zdroji vodních par uvnitř budov. V zimě v důsledku nízkých teplot je jejich obsah ve venkovním vzduchu malý, protože při nízkých teplotách kondenzují nebo mrznou. Vzduch přiváděný do interiéru je pak po ohřátí na vnitřní teplotu suchý, jeho relativní vlhkosti klesají i pod 20 % (Jokl, 2004). Naopak v létě díky relativně vysokým teplotám je obsah vodních par ve venkovním vzduchu značný a vzduch přiváděný do interiéru je po ochlazení na pokojovou teplotu téměř nasycen. Jeho relativní vlhkosti se mohou blížit i 100 % (Jokl, 2004).

Relativní vlhkost vzduchu nad 60 % zvyšuje až na dvojnásobek procento přežívajících mikroorganismů. U průměrného bytu dosahuje celková produkce vodních par 10 až 15 kg/ den (Blaha a Bukovský, 2004). Jako příklad zdrojů vodních par interiéru lze uvést (Světová zdravotnická organizace – regionální úřadovna pro Evropu a SZU, 2000):

- metabolismus člověka - produkce 50 až 250 g vodní páry / h / 1
- koupelny - produkce 700 až 2600 g vodní páry / h
- kuchyně - produkce 600 až 1500 g vodní páry / h
- sušení prádla - produkce 200 až 500 g vodní páry / h / 5kg

3.1.3. Legislativa a ochrana vnitřního prostředí

Ochrana vnitřního prostředí, především pracovních, komerčních a veřejných prostor, je ošetřena zejména níže uvedenými zákony a prováděcími předpisy.

Zákony

- **č. 50/1976 Sb. stavební zákon**, ve znění pozdějších předpisů
- **č. 20/1966 Sb. o zdraví lidu**, ve znění pozdějších předpisů – především zákona č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů
- **č. 65/1965 Sb. zákoník práce**, ve znění pozdějších předpisů – především zákona č.155/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů

Prováděcí předpisy

- **nařízení vlády č. 502/2000 Sb.** o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **nařízení vlády č. 88/2004 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **nařízení vlády č. 480/2000 Sb.** o ochraně zdraví před neionizujícím zářením (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **nařízení vlády č. 178/2001 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (prováděcí předpis k zákonu č. 155/2000 Sb.)
- **nařízení vlády č. 523/2002 Sb.**, kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci (prováděcí předpis k zákonu č. 155/2000 Sb.)
- **nařízení vlády č. 101/2005 Sb.** o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí (prováděcí předpis k zákonu č. 155/2000 Sb.)
- **vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj č. 137/1998 Sb.** o obecných technických požadavcích na výstavbu (prováděcí předpis ke stavebnímu zákonu)
- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 410/2005 Sb.** o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb.**, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 137/2004 Sb.** o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb. - část vyhlášky je od 1. 1. 2006 nahrazena Nařízeními ES č. 852/2004 a 882/2004)
- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 135/2004 Sb.**, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)
- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 432/2003 Sb.**, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů,

náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)

- **vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 255/2003 Sb.**, kterou se stanoví správná lékárenská praxe, bližší podmínky přípravy a úpravy léčivých přípravků, výdeje a zacházení s léčivými přípravky ve zdravotnických zařízeních a bližší podmínky provozu lékáren a dalších provozovatelů vydávajících léčivé přípravky (prováděcí předpis k zákonu č. 258/2000 Sb.)

3.2. Kvalita interiérového vzduchu

Vnitřní ovzduší je možno definovat jako ovzduší, které nemá přímé spojení s ovzduším venkovním a/nebo je natolik ovlivňováno vnitřními zdroji, že se významně liší od ovzduší venkovního. Může mít zcela odlišné, často specifické mikroklima. Nicméně z vnějšího ovzduší jsou do vnitřního ovzduší mimo jiné často přiváděny například i CO, SO₂, SO₃, NO_x, O₃, některé uhlovodíky a smog (Hui a kol., 2008).

Vzhledem k tomu, že člověk tráví ve vnitřním prostředí 70 - 80 % svého života, kdy nejčastěji se jedná o vnitřní prostředí pracovní a obytné (elektronický zdroj č. 2), jsou požadavky na kvalitu prostředí a na zařízení pro úpravu prostředí součástí legislativy a hygienických předpisů ČR, které musí být v souladu s odbornými předpisy EU. V roce 2003 přijala Evropská komise Strategii pro životní prostředí a zdraví, jejímž cílem je snížení počtu onemocnění způsobených faktory životního prostředí. V souvislosti s touto strategií byl vypracován akční Plán Evropské unie pro životní prostředí a zdraví, který byl následně aktualizován Pokyny pro vývoj kvality ovzduší – WHO, které zahrnují i speciální doporučení týkající se interiérové kvality ovzduší (Koistinen a kol., 2008).

Například odborná zpráva SZU z roku 2001 „Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k venkovnímu a vnitřnímu ovzduší“, uvádí, že předškolní dítě stráví v bytě v rámci celého roku průměrně denně 15,3 hodin (od 14,3 hod. v létě po 16,1 hod. v zimě), v budově mateřské školy 3 hodiny (od 2,6 hod. v létě po 4 hod. v zimě) a venku 5,7 hodin (od 4 hod. v zimě po 7,2 hod. v létě). To znamená, že v bytě stráví 5,5x více času než uvnitř mateřské školy a 2,7x více času než venku (elektronický zdroj č. 4).

3.2.1. Dělení a specifika vnitřního ovzduší

Vnitřní ovzduší lze rozdělit do následujících skupin:

- **Byty:**

Vnitřní prostředí bytů není legislativně ošetřeno, protože byty nejsou dle výkladu zákona pobytovými místnostmi, tudíž nejsou k dispozici závazné požadavky na jednotlivé faktory charakterizující kvalitu vnitřního prostředí bytových jednotek a rodinných domů, ale existují ověřená doporučení, která zajistí ochranu lidského zdraví.
- **Pracovní prostředí:**

Je ošetřeno nařízením vlády č. 361/2007 Sb. stanovující podmínky ochrany zdraví při práci a zákonem č. 262/2006 Sb. v platném znění, který v § 102, odst. 3 stanoví, že: „zaměstnavatel je povinen soustavně vyhledávat nebezpečné činitele a procesy pracovního prostředí a pracovních podmínek, zjišťovat jejich příčiny a zdroje a na základě tohoto zjištění vyhledávat a hodnotit rizika a přijímat opatření k jejich odstranění.“
- **Pobytové prostory:**

Zahrnují pobytové místnosti pro výchovu a vzdělávání – místnosti vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ...atd. Jejich podrobný výčet je obsažen v §13, zák. 258/2000 Sb. ve znění následných právních úprav.

Prováděcím předpisem k zákonu č. 258/2000 Sb. je vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., která stanovuje hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí.
- **Ostatní:**

Zahrnuje jiné stavby a dopravní prostředky.

Specifika vnitřního ovzduší

(Blaha a Bukovský, 2004; Hui a kol., 2008; Marchand a kol., 2008; Pehle, 2001)

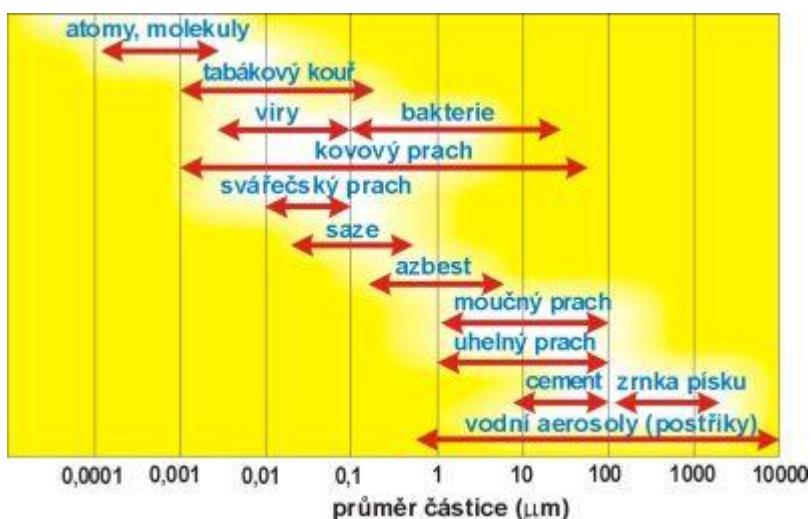
- Koncentrace měřených látek jsou závislé na vydatnosti (emisi) zdrojů.
- Emise je závislá téměř na všem: na režimu provozu a aktivitách uživatelů, vnitřních mikroklimatických a venkovních meteorologických podmínkách, chemických a fyzikálních procesech, apod.
- Koncentrace mají časovou a prostorovou variabilitu. Jsou dány režimem a využitím daného prostoru.
- Řízená výměna vzduchu je závislá na vybavení prostoru jako například: klimatizace, ventilace, rekuperace, typ, materiál a stáří oken.
- Větráním vnitřního prostoru dochází k narušení rovnovážného stavu, ředění a infiltraci.
- Významnou roli také hrají použité stavební materiály a vybavení interiéru.
- Mikroklimatické podmínky.
- Při stanovení místa pro získání reprezentativního vzorku je nutné vzít v úvahu mnoho faktorů, jako například: tvar prostoru, proudění vzduchu, rozmístění případných identifikovaných zdrojů, druh měření, apod.
- Pro hodnocení a interpretaci je nutné mít k dispozici co nejúplnější informace týkající se měřeného prostoru (vybavení, podmínky odběru vzorku, specifické události, znalost nejbližšího okolí, apod.).

3.2.2. Znečištění vnitřního ovzduší – prach a aerosoly

Vzduch v uzavřených místnostech je mimo jiné znečišťován prachem, který vzniká rozkladem a rozpadem anorganických i organických látek. V uzavřených místnostech, zejména tam, kde se shromažďuje větší počet osob, obsahuje vzduch téměř vždy choroboplodné zárodky (bakterie, viry, plísně, apod.). Choroboplodné zárodky nemohou ve vzduchu existovat volně, ale jsou usazeny na nosičích – aerosolech (např. částicích prachu nebo kapénkách), které mohou být potenciálním zdrojem alergenů, toxinů a patogenů.

Aerosol je obecně definován jako „heterogenní směs malých pevných nebo kapalných částic plynu mající velikost od 10 nm do 100 μm “. Aerosoly bývají dále rozdělovány dle skupenství a disperzního podílu na mlhy, dýmy a prachy, smogy a kouře. Pevný aerosol se nazývá prach, může být původu organického (pyl, prach z mouky, cukru, peří, chlupů, atd.), ale i anorganického (křemičitany, kovy, atd.). Vážným zdravotním problémem jsou alergie způsobené alergeny (většinou organického původu). Prach bývá často nositelem mikrobů. Kapalným aerosolem je mlha (Ostrý, 1998).

V biologii mají aerosoly významnou funkci, kdy rostlinný pyl, spóry bakterií a plísni jsou v přírodě přenášeny ve formě aerosolů. Rychlost pohybu aerosolů je závislá na prostředí a reaguje na proudění vzduchu. Velikost disperzních částic aerosolů se pohybuje v širokém rozmezí (obr. č. 2), přičemž značně závisí na způsobu vzniku aerosolu i na vnějších podmínkách.



Obr. č. 2: Velikost disperzních částic aerosolů (elektronický zdroj č. 5)

3.2.3. Mikrobiální mikroklima

Mikrobiální mikroklima je vytvářeno různými mikroorganismy - bakteriemi, viry, plísněmi, spórami a pyly. Mikrobiální (bioaerosolové) mikroklima nás zajímá především kvůli vlivu na zdraví člověka (alergie) a kvůli požadavkům některých pracovišť (nemocniční sály, potravinářské provozy) na vysokou čistotu ovzduší – tzv. clean rooms. Nedostatky v mikrobiálním mikroklimatu mohou přinášet vážná zdravotní rizika. Vážným problémem se v poslední době stávají alergické syndromy na spóry různých druhů plísní a pylových částic.

Nejvíce ohroženy jsou nemocniční pracoviště a prostory s vysokou koncentrací lidí. V těchto prostorách se mohou snadno objevit patogenní mikroorganismy, které se prostředím dále šíří právě kvůli nedostatkům v mikroklimatu.

Zhoršené mikrobiální mikroklima nastává mimo jiné i vlivem nevhodných vlhkostních a tepelných podmínek v budovách a také vlivem ročních období. Na jaře a na podzim jsou podmínky výskytu vláknitých hub příznivější. Zlepšování mikrobiálního mikroklimatu je možné jak zlepšením vnitřní vlhkosti a teploty, tak zásahem do zdroje mikroorganismů a zásahem do pole přenosu.

Mikrobi nacházející se v ovzduší jsou nazývány aero-mikrobi a velkou měrou působí na člověka a jeho zdravotní stav. Aero-mikrobi tak vytvářejí neoddelitelnou část prostředí, kterému říkáme mikrobiální mikroklima (Jokl, 2002) nebo též kryptoklima (Wasserbauer, 2000).

3.3. Mikrobiologická kvalita interiérového vzduchu

Mikroorganismy neboli též bioaerosoly zahrnují například bakterie, viry, plísně a jejich spóry, endotoxiny a mykotoxiny, antigeny o průměru od 0,1 do 100 μm (Jokl, 2002).

3.3.1. Dělení dle způsobu vstupu mikroorganismů do interiéru

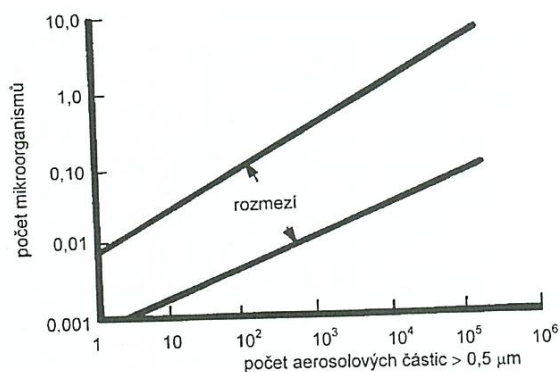
- Z venkovního ovzduší:

Mikroorganismy jsou přinášeny přímo nebo na aerosolu, jakožto jejich nosiči. Na 10 000 aerosolových částic připadá až 1 mikroorganismus (Jokl, 2002). Pevný aerosol, např. suchý ptačí trus, může roznášet například spóry hub *Cryptococcus neoformans*, které vyvolávají vážné onemocnění plic a mozku - Kryptokokózu. Kapalný aerosol může být nositelem tyčinkových bakterií *Legionella pneumophila* způsobujících onemocnění zvané Legionářská nemoc (Kramář, 2007).

Místo	Počet mikroorganismů v 1 m ³ ovzduší
Volná krajina	150 - 300
Vesnice	250
Malé město	400
Velkoměsto	1000 - 1500
Interiér budov	200 - 900

Tab. č. 2: Koncentrace mikrobů ve venkovním ovzduší (Jokl, 2002)

Níže uvedený graf č. 2 vyjadřuje závislost mezi počtem mikroorganismů a počtem aerosolových částic v 0,0283 m³, což je 1 krychlová stopa (1 cft) čistého vzduchu. Graf říká, že na zhruba deset tisíc aerosolových částic připadá přibližně jeden mikrob.



Graf. č. 2: Vztah mezi počtem mikroorganismů a počtem aerosolových částic (Jokl, 2002)

- Ze vzduchotechnického zařízení:

Ve filtrech a vzduchovodech těchto zařízení dochází k zachycení různých nečistot, ale i různých druhů mikroorganismů, a odtud jsou opětovně strhávány zpět do proudícího vzduchu ve vysokých nárazových dávkách. Zároveň zde může docházet k jejich množení.

- Produkcí člověka:

Dochází k přinášení četných zárodků na kůži a oděv, ale i přímo (např. respirabilní viry). Mikroorganismy jsou následně uvolňovány do okolí zejména v závislosti na intenzitě pohybu daného člověka.

K šíření mikroskopických vláknitých hub dochází i nevhodným chováním člověka, jako například nedostatečné větrání, špatné odstraňování organických zbytků a zaplísňených potravin, kapající kohoutky ústředního topení, nepravidelný úklid, používání nevhodných dezinfekčních prostředků v domácnosti, nedostatečná očista prostředí, nevhodné používání zvlhčovačů ovzduší, květináče, neudržovaná akvária, apod.

Pobyt a činnost člověka jsou také významným zdrojem vodních par v místnosti. Pocením a dýcháním vytvoří člověk kolem 150 g vodní páry za hodinu, což za osm hodin činí 1,2 kg vody (Blaha a Bukovský, 2004), a tím přispívá ke zvyšování relativní vlhkosti vzduchu.

- Ze stavebních konstrukcí:

Ve vzduchu jsou prakticky vždy přítomny vodní páry, které mají významný podíl na vzniku a průběhu klimatických dějů. Jsou-li použity materiály s nižší pohlcovací schopností vodní páry, pak vlhkost nemůže dostatečně unikat. Výběr materiálů hraje tedy významnou roli. Nejčastěji bývají napadány PVC krytiny se spodní textilní izolační vrstvou a textilní krytiny s jutovou podložkou, textilní tapety, umělé hmoty a barvy s vysokým podílem syntetických látek. Na druhou stranu dobrou absorpční schopnost mají přírodní vlákna, dřevo nebo sádrokartonové desky (Pehle, 2001).

Stejně tak nadměrná izolace staveb, kdy nemůže unikat téměř žádný vzduch, vytváří vhodné prostředí pro mikroskopické vláknité houby. V omítce začínají růst plísňe již při relativní vlhkosti vzduchu 80 % (Pehle, 2001).

Dalším místem vhodným prostředím pro plísňe jsou místa na studených stavebních prvcích, kde dochází ke kondenzaci vlhkosti. V těchto místech pak dochází k menšímu pohlcování vody a následnému nasycení, kdy se plynná látka začíná srážet (tzv. rosný bod) a stane se základnou pro růst houby. Ke kondenzaci vodních par začíná docházet, přesáhne-li vlhkost vzduchu 60% relativní vlhkosti (Blaha a Bukovský, 2004).

Optimální relativní vlhkost vzduchu v pobytových místnostech by se měla pohybovat v rozmezí 30 – 60 %. Jako minimum pro pocit pohody je uváděna relativní vlhkost 25 % (Blaha a Bukovský, 2004).

3.3.2. Optimální a přípustné koncentrace mikrobů pro interiér budov (USA)

Tabulka č. 3 uvádí návrh optimálních a přípustných hodnot mikrobiálního mikroklimatu pro interiér budov dle zkušeností z USA, který byl vypracován U. S. Environmental Protection Agency (E.P.A.).

Kritérium	Parametry		Místo měření
	Optimální	Přípustné	
Koncentrace mikrobů cfu/m ³ (počet kolonií v m ³)	≤ 200 cfu/m ³	≤ 300 cfu/m ³	Střed místnosti ve výši 1,10 m od podlahy

Tab. č. 3: Optimální a přípustné koncentrace mikrobů pro interiér budov (Jokl, 2002)

3.3.3. Prevence, ochrana, opatření

I přes to, že život na Zemi není bez mikrobů možný, jsme mnohdy nuceni se před nimi chránit nebo i dokonce aktivně zasáhnout. Votava (2001) říká, že lépe je se mikrobům vyhnout (je-li to možné) než se jim aktivně bránit, protože prevence je daleko účinnější než snaha o posilování odolnosti, či případné ničení mikrobů, které již někam pronikly.

V případě vnitřních prostor je všeobecně nejvíce doporučovanou prevencí dobrá izolace domu (ideálně na vnější straně obvodových zdí) společně s vyhříváním vnitřních stěn a zajištěním pravidelného větrání v dostatečné intenzitě (Pehle, 2001).

Doporučována jsou i následující preventivní opatření (Ruppová, 2004):

- skříně odsunout 3 – 5 cm od stěny z důvodu zajištění proudění vzduchu
- vodní páry odvádět přímo ven
- pravidelně otírat zkondenzovanou vodu
- nesusit prádlo v bytě
- odstranit zvlhčovače vzduchu
- nikdy úplně nevypínat topení

Opatření proti šíření mikrobů v budovách (Ruppová, 2004):

- Pravidelný úklid a mechanická očista pomocí obyčejných detergentů a horké vody a opakované větrání může v běžných podmínkách nahradit i nákladnou dezinfekci (Votava, 2001).
- Dezinfekce – přerušení cesty šíření nákazy; dochází k odstranění původců infekce (usmrtí dospělé formy). Většinou se jedná o postupy chemické.
- Sterilizace – odstranění všech mikroorganismů z předmětu nebo z prostředí; usmrtí i vznikající formy. Jde spíše o postupy fyzikální.
- Vykuřování prostoru spalinami (pryskyřičnaté dřevo, jalovec, jehličí, levandule, síra, papír, bavlna).
- Fytoncidy (produkují rostliny – česnek, cibule, jehličnaté lesy)
- Germicidní výbojka – záření o vlnové délce 253,7 nm.
- Zachycování na elektrostatických filtrech.

3.4. Mikroskopické vláknité houby (mikromycety; plísně)

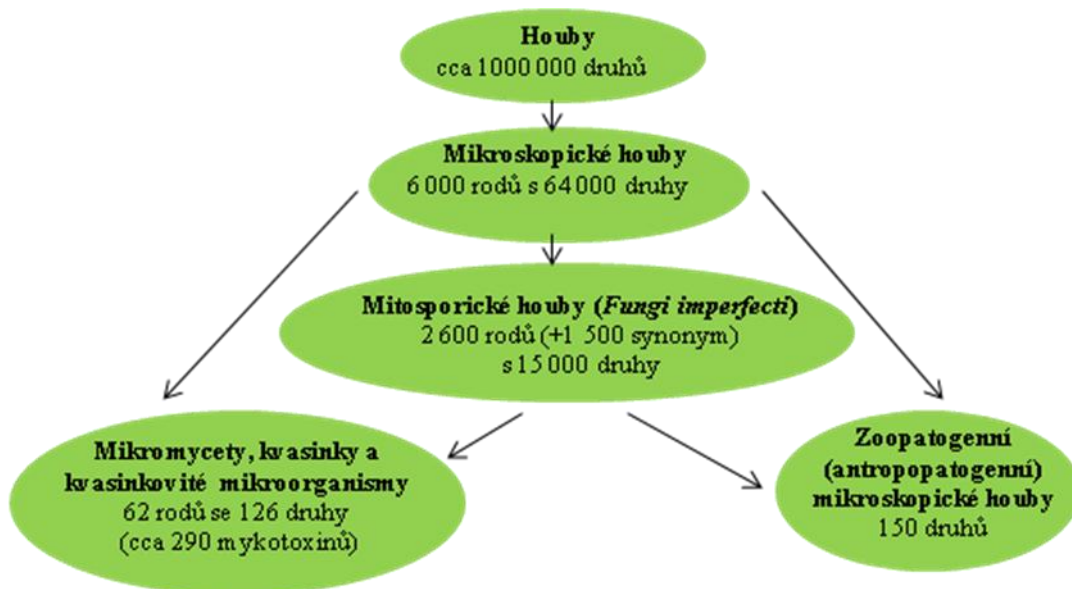
Houbové organismy, makro i mikroskopické houby jsou všudypřítomné, najdeme je ve všech substrátech a jejich partikule, spóry a hyfy, jsou běžnou součástí atmosféry - lze je detekovat téměř všude. Hyfy hub jsou v atmosféře 300 – 500x častější než samotné spóry (Oliveira, 2009; Mižáková, 2002). Velká morfologická rozmanitost a schopnost mikromycet přizpůsobit se nejrozličnějším ekologickým podmínkám umožňuje jejich výskyt všude tam, kde existuje organická hmota. Z celkového počtu 100 000 druhů hub tvoří mikroskopické houby 6000 rodů s 64 000 druhy (Ostrý, 1998).

„Vzdušné“ mikroskopické houby a jejich spóry tvoří stálou, ale i sezonně ovlivněnou složkou aeroplanktonu. V ovzduší se nejčastěji vyskytují spóry mikroskopických hub z řádu *Moniliales (Deuteromycetes)*, např.: druhy *Cladosporium*, *Alternaria* a spóry dalších významných druhů, jako jsou rzi, sněti - *Basidiomycetes* (Ostrý, 1998).

V obytných prostorech jsou největším problémem plísně neboli vláknité mikroskopické houby, jejichž výskyt ve vnitřním prostředí je dán vhodnými podmínkami podporujícími jejich růst, rozmnožování a produkci mykotoxinů.

3.4.1. Výskyt a koncentrace vláknitých hub

Kvantitativní výskyt mikroskopických hub v životním prostředí a potravinách:



Obr. č. 3: Kvantitativní výskyt mikroskopických hub v životním prostředí a potravinách (Ostrý, 1998)

Jedním z kritérií na optimální mikrobiální mikroklima vnitřního vzduchu je i „únosná koncentrace mikrobů“. Dle předpisů Evropské unie se zavádějí kategorie znečištění a to i pro domácnosti a neprůmyslová prostředí, viz tabulka č. 4.

Kategorie znečištění	Objekt	
	Domácnost	Neprůmyslové prostředí
	Koncentrace (počet) plísni na m ³	
Velmi nízké	< 50	< 25
Nízké	< 200	< 100
Střední	< 1000	< 500
Vysoké	< 10000	< 2000
Velmi vysoké	≥ 10000	≥ 2000

Tab. č. 4: Kategorie znečištění vnitřního ovzduší spórymi plísní dle EU (Jokl, 2002)

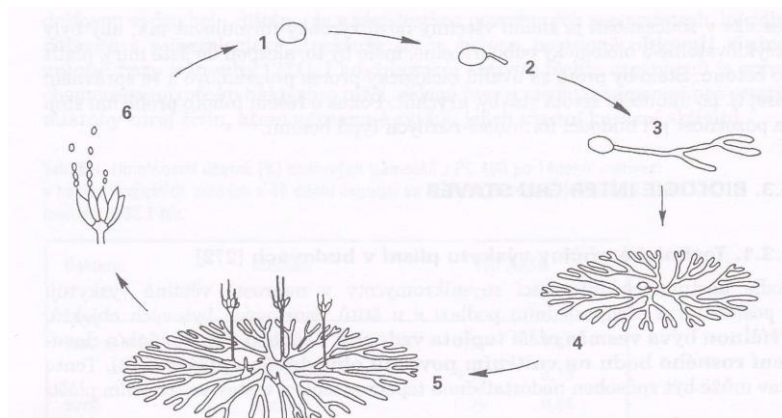
V České republice, na základě vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 6/2003 Sb., jsou požadavky na čistotu vnitřního prostředí obytných místností splněny, nepřekročí-li koncentrace mikroskopických vláknitých hub hodnotu 500 KTJ. m⁻³ vzduchu.

Jokl (2002) uvádí ve své publikaci „Zdravé obytné a pracovní prostředí“ výsledky anglických studií, kdy při zjišťování kvantitativního výskytu plísňových spór v soukromých bytech bylo zjištěno celkem 75 různých druhů plísní a koncentrace plísňových spór na 1 m³ byla následovná:

<u>Typ bytu</u>	<u>Koncentrace plísňových spór na 1 m³</u>
Byty, kde se plísně nevyskytují	100 - 500
Byty, kde se plísně již objevily	500 - 2000
Byty s nízkým standardem	2500 - 6000

3.4.2. Likvidace vláknitých hub v interiéru

Výskyt plísní v obytných prostorách není pouze problémem optickým, ale po delším působení škodí i stavebním materiálům nebo lidskému zdraví. Likvidace plísní je náročná a vyžaduje precizní práci. Plísně nejsou citlivé (na rozdíl od bakterií) na UV záření a vlákna plísní pronikají do zdiva 5 - 10 cm, někdy až 20 cm (Jokl, 2002). Prvotně je třeba mechanicky odstranit (seškrábání, omytí) ohnisko nákazy nejméně v okruhu 20 cm okolo napadeného místa, následně odstranit příčinu růstu plísní (např.: odstranění tepelných mostů dostatečnou izolací, dostatečné a efektivní větrání, zamezit vzlínání vlhkosti infuzní clonou či podřezáním zdiva, dodržovat správné zásady topení, apod.) a finálně je třeba ošetřit zdivo či jiná napadená místa speciálními fungicidy.



Obr. č. 4: Životní cyklus vláknitých hub na vlhkém zdivu (Wasserbauer, 2000). Spóra (1) naklíčí (2), vytvoří hyfu (3), která se rozroste v mycelium (4). Na něm se vytvoří pohlavní orgány (5), ze kterých se uvolní spóry (6) a celý proces se opakuje.

3.4.3. Systematika hub

První klasifikaci provedl Charles Linné, který popsal 95 druhů hub a zařadil je do rostlinné říše do třídy „tajnosnubné“. V roce 1969 byla Whittakerem vytvořena nová klasifikace živých organismů, která byla dále modifikována v roce 1988 Margullisovou a Schwartzovou, kde jsou houby vyděleny z říše rostlin a tvoří samostatnou říši.

Český název pro mikroskopické vláknité houby – „plísň“ - zavedl v polovině 19. století J. S. Presl u plísň hlavičkové (*Mucor spp.*).

Níže uvedená klasifikace říše Hub uvádí pouze oddělení a třídy. Jsou uvedeny jen ty rody, které jsou předmětem této diplomové práce. V uvedené klasifikaci nejsou zahrnuty kvasinky, kterým je věnována samostatná kapitola.

Pro sestavení níže uvedené klasifikace hub bylo použito následujících zdrojů: (Ostrý, 1998; Růžek a kol., 2008; elektronický zdroj č. 6).

Říše: *Fungi* (Houby)

Odd.: *Chytridiomycota* (Chytridiomycety)

Třída: *Chytridiomycetes*

Odd.: *Zygomycota* (spájkivé)

Třída: *Zygomycetes* (Zygomycety)

Rod: *Rhizopus sp.* (Kropidlovec)

Třída: *Trichomycetes* (Trichomycety)

Odd.: *Glomeromycota* (VA mykorhizy/ AM houby)

Třída: *Glomeromycetes*

Odd.: *Ascomycota* (Vřeckovýtrusé)

Třída: *Hemiascomycetes*

Třída: *Ascomycetes*

Odd.: *Basidiomycota* (Stopkovýtrusé)

Třída: *Heterobasidiomycetes*

Třída: *Homobasidiomycetes*

Umělý, v evoluci neexistující, kmen vytvořený pouze pro anamorfní stádia:

Odd.: *Deuteromycota* (Fungi imperfecti/ Houby nedokonalé)

Třída: *Blastomycetes*

Třída: *Hyphomycetes*

Rod: *Penicillium* (Štětičkovec)

Rod: *Cladosporium*

Třída: *Coelomycetes*

Třída: *Agonomycetes*

3.4.4. Všeobecná charakteristika vláknitých hub

Jedná se o vícebuněčné, eukaryontní, pokročile heterotrofní, saprofytické nebo parazitické mikroorganismy. Spolu s kvasinkami a kvasinkovitými mikroorganismy tvoří skupinu mikroskopických hub. Vláknité houby tvoří rozvětvené vláknité mycelium, čímž se liší od většiny kvasinek.

3.4.5. Cytologie vláknitých hub

Stélka - základem těla je vegetativní vláknitý útvar – stélka (thallus). Základem stélky je vlákno (hyfa). U primitivních plísní je pouze jednoduchá mikroskopická vakovitá buňka (holokarpická buňka) vykonávající všechny životní funkce. Vlákna hub mohou být bez nebo s přehrádkami a tvoří jednodušší nebo i značně větvené podhoubí (mycelium).

Buněčná stěna – polysacharidové povahy, 80 % tvoří chitin, chitosan, glukany, manany, a polysacharidy, někdy celulóza a látky podobné ligninu. Obsahuje i bílkoviny, lipidy a vosky (způsobují nízkou smáčivost hyf a konidií). Stěny konidií obsahují různá barviva (zelená, modrozelená, růžová, hnědá, černá, hnědočerná – melaniny) jako ochranu před UV. Hyfy jsou zpravidla bezbarvé, někdy zelenočerné barvivo (např. u *Ascomycetes* a *Deuteromycetes*). (Fassatiová, 1979; Vodrážka, 1996)

Cytoplazmatická membrána – je elastická, rozměr je 7,5 - 8 nm, složená především z lipidů a proteinů. Cytoplazma obsahuje rezervní látky (lipidy) kapénky, dále může obsahovat i zrníčka polyfosfátů. V cytoplazmě jsou uloženy mitochondrie, vakuoly, Golgiho aparát a endoplazmatické retikulum (Šilhánková, 2002).

Jádro - buňky plísní obsahují jedno či více jader, které jsou většinou haploidní

3.4.6. Rozmnožování hub

Rozmnožování se děje následujícími způsoby:

- Nepohlavně

U nepohlavního rozmnožování rozeznáváme varianty:

- fragmentace vlákna (jeho rozpad na větší počet vláken)
- pučení buněk
- dělení somatických buněk na dvě dceřiné
- rozrůstání hyf
- Spóry (jednobuněčné či vícebuněčné výtrusy); dělí se na endo a exo spóry.

- Pohlavně

Při pohlavním rozmnožování dochází k:

- Gametogamii (kopulace dvou pohlavních gamet, které vznikají v pohlavních gametách - gametangií)
- Gametangiogamii (kopulace celých pohlavních orgánů – gametangií)
- Somatogamii (somatické buňky přebírají pohlavní úlohu)

Fáze pohlavního způsobu rozmnožování:

- Plazmogamie (splynutí plazem a míchání jader)
- Karyogamie (splynutí dvou haploidních jader a jednoho diploidního)
- Meioza (dělení diploidního jádra, dochází k redukci počtu chromozómů a obnovuje se haploidní stav)

Typy spór vznikajících pohlavním rozmnožováním:

- Oospory
- Zygosporý
- Askosporý
- Bazidiosporý

- Rozrůstáním hyf

Propletené a rozrostlé hyfy tvoří útvar nazývaný se podhoubí (mycelium). Tvrdý útvar tvořený spleťí hyf se nazývá sklerocium. Za nepříznivých podmínek se mohou buňky hyf proměnit na kulovité útvary obalené tlustou stěnou, které se nazývají chlamydozpy. Jedná se o spóry sekundárního typu, které vystupují přímo z mycelia, jsou teplotně odolné. Vyskytují se např. u rodu *Candida* (Veselá, 2004).

3.4.7. Negativní význam vláknitých mikroskopických hub

Mnoho skupin spór hub detekovatelných v ovzduší obsahuje širokou škálu zdraví škodlivých druhů. Mohou způsobovat vnější i vnitřní mykózy či alergické reakce (jak dýchací, tak i kožní). 20 – 30 % lidí, majících problém s chronickými rýmami, astmatem či se zápaly plic, jsou lidé přecitlivělí na plísň ve vzduchu (Gioulekas, 2004). Byla prokázána pozitivní korelace mezi symptomy alergických reakcí a koncentracemi hub v ovzduší. Při inhalaci (vdechnutí) jsou alergeny schopné se dostat do krevního řečiště, kde interagují s žírnými buňkami – mastocyty, které začnou vylučovat histamin. Ten způsobuje stahy hladké svaloviny a zužování dýchacích cest, hlavně průdušek, a dochází tak k dušení (Yao, 2009).

Lidé přichází do kontaktu s vláknitými houbami v ovzduší po celý život. Mikroskopické vláknité houby se vyskytují v ovzduší, v závislosti na ročním období, lokalitě a klimatických podmínkách, 100 – 1000x častěji než pylová zrna. Ukázalo se, že mnoho hub v ovzduší je silným alergenem a jejich inhalace způsobuje rýmu, astma či jiná závažnější onemocnění (Henríquez, 2005). Od doby, co jsou známé některé z alergenů, je snadnější diagnostika a léčba patologií, které způsobují.

Houby ve vzduchu mohou také obsahovat různé mykotoxiny (viz tabulka č. 5 – příklady mykotoxinů a jejich producentů), jež mají různé a různě silné projevy. Nejznámější z mykotoxinů jsou aflatoxiny, jež jsou obsaženy v rodech *Aspergillus* a *Penicillium*, z nichž některé typy jsou silně karcinogenní, viz tabulka č. 6. Toxinogenní vláknité houby jsou mikroorganizmy, které mají schopnost produkovat mykotoxiny. Je známo přibližně 150 druhů mikroskopických hub produkujících mykotoxiny. Většina těchto producentů patří do skupiny *Fungi imperfecti*. V současné době bylo identifikováno přes 290 mykotoxinů a jsou objeveny další.

Mykotoxiny jsou produkovány myceliem vláknitých hub a vylučovány do substrátu, mohou však být obsaženy také ve spórách, které kontaminují životní a pracovní prostředí člověka. Volatilní mykotoxiny jsou těkavé organické látky, různé typy alkoholů, ketonů, aldehydů, éterů, esterů a terpenů. Na plísňovém zápachu se podílí zejména 2-methyl izoborneol a 2-methoxy-3-izopropyl pirazin a geosmin (elektronický zdroj č. 7). Stanovením volatilních mykotoxinů se zjišťuje přítomnost mikroskopických hub a jejich metabolických aktivit v prostředí.

Mykotoxin	Producenti
Aflatoxiny	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i> , <i>A. argentinicus</i>
Deoxynivalenol	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Fusarium poae</i>
Fumonisin B1	<i>Fusarium proliferatum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> , aj.
Ochratoxin A	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , aj.
Patulin	<i>Penicillium expansum</i> , <i>Byssochlamys spp.</i> , aj.
Sterigmatocystin	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i> , <i>A. versicolor</i> , aj.
Zearalenon	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , aj.

Tab. č. 5: Příklady mykotoxinů a jejich producentů (elektronický zdroj č. 7)

Mykotoxin	Karcinogen	PTWI ¹ , TDI ² , PMTDI ³
Aflatoxiny	1	ALARA (1997) - nejnižší možný přívod 1997
Ochratoxin A	2B	100 ng/kg ž.hm./týden ^{1/} 1995
Deoxynivalenol	3	1250 ng/kg ž.hm./den ^{2/} 1995
Patulin	3	0,4 ng/kg ž.hm./den ^{3/} 1995
Zearalenon	3	100 ng/kg ž.hm./den ^{2/} 1994

Vysvětlivky:

PTWI - provizorní tolerovaný týdenní přívod
TDI - tolerovaný denní přívod
PMTDI - provizorní maximální tolerovaný denní přívod
1 - prokázaný karcinogen pro člověka
2B - možný karcinogen pro člověka
3 - prozatím není klasifikován jako karcinogen pro člověka

Tab. č. 6: Hodnocení vybraných mykotoxinů z hlediska karcinogenity a stanovení expozičních standardů PTWI a TDI (Ostrý, 1998)

Onemocnění	Mykotoxin
Akutní DON toxikáza	Fusariový mykotoxin - deoxynivalenol
Aflatoxikóza	aflatoxiny
Alimentární toxická aleukie	Fusariový mykotoxin - trichotheceny
Balkánská endemická nefropatie	ochratoxin A a další mykotoxiny
Ergotismus	Ergot alkaloidy
Rakovina jícnu	Fusariové mykotoxiny - fumonisiny
Nádor ledvin	ochratoxin A
Otrava červnou plísní	Fusariový mykotoxin - deoxynivalenol
Akutní kardiální beri-beri	citreoviridin

Tab. č. 7: Příklady významných akutních a chronických onemocnění lidí spojovaných s mykotoxiny (Ostrý, 1998)

3.4.8. Významné rody vláknitých hub vyskytujících se ve vnitřním prostředí

Ve vnitřním prostředí, zejména ve vlhkých bytech se nejčastěji nacházejí vláknité houby rodu *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Epicoccus*, *Stachybotrys* (elektronický zdroj č. 8).

- ***Rhizopus* (kopidlovec)**

V přírodě hojně se vyskytující rod. Vyskytuje se v půdě, na skladovaném obilí, na potravinách, na exkrementech, v ovzduší, na kůži živočichů a na tlejícím materiálu.

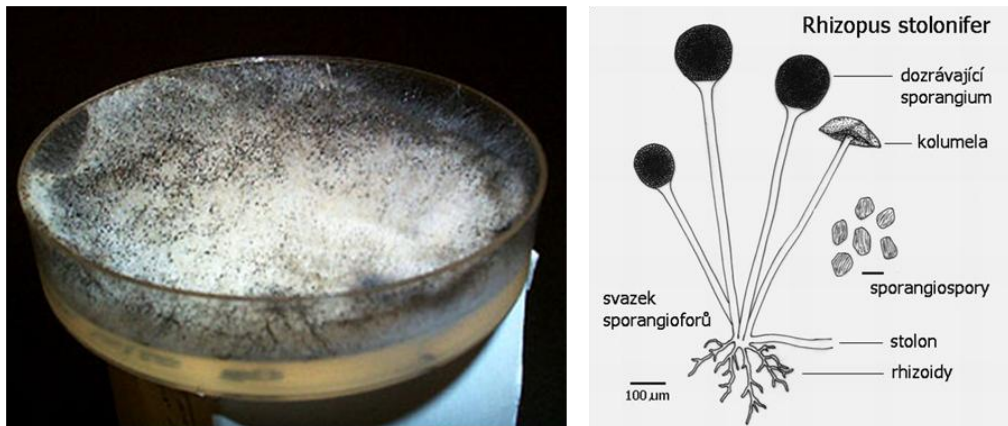
Jeho sporangia vyrůstají ve svazečcích na specializovaných hyfách, kterým se říká stolony. Tyto hyfy slouží k rychlému šíření plísně po substrátu, k němuž se přichycují pomocí zvláštních kořinkovitých útvarů – rhizoidů.

Patří mezi běžné rozkladače organického materiálu. Díky svým fermentačním schopnostem (zkvašuje cukry na alkohol) se některé druhy využívají v biotechnologiích.

Některé druhy rodu kopidlovce mohou produkovat houbové jedy – mykotoxiny a tím způsobovat alergie.

Nejlépe roste při teplotách v rozmezí 30 až 45 °C v závislosti na druhu. Sporangiofory jsou světle až tmavě hnědé, většinou vyrůstají po 1 - 5 ze stolonů proti rhizoidům, obvykle 0,8 - 2 mm dlouhé a až 18 - 23 µm široké. Sporangia mohou mít

hnědošedou, hnědočernou, šedočernou a černou barvu, kulovitý či polokulovitý tvar a průměr 80 – 275 μm v závislosti na druhu (Hoog a Guarro, 1995).



Obr. č. 5: *Rhizopus* – kolonie (elektronický zdroj č. 9) Obr. č. 6: *Rhizopus* (elektronický zdroj č. 9)

- ***Penicillium* (štětíčekovec)**

Patří mezi jedny z nejrozšířenějších vláknitých hub v mírném klimatickém pásu. Bylo popsáno kolem 200 druhů tohoto rodu. Rodové pojmenování je odvozeno podle štětíčkovitého tvaru konidioforů. Mnoho druhů štětíčekovce jsou hojně využívány ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu, ale také jsou producenty mnoha nebezpečných toxinů.

Donedávna byl celý rod považován za nepatogenní pro člověka, ale bylo prokázáno, že *P. marneffei* je patogenní. Způsobuje systémové infekce převážně u pacientů nemocných AIDS (elektronický zdroj č. 10).

V přírodě se jako saprofyty podílí na rozkladu, často také jako parazité napadají řadu rostlin a způsobují tzv. peniciliozy (např. *Penicillium italicum* a *Penicillium digitatum* napadá citrusové plody).

V bytech se *Penicillium* vyskytuje celoročně často na potravinách, ovoci, v lednici, ve spížích, na stavebních materiálech, vlhkém zdivu, ve vzduchu, apod. *Penicillium chrysogenum* je nejčastěji se vyskytující druh ve vnitřním prostředí. Můžeme ho nalézt na vlhkých stěnách, tapetách, podlaze, kobercích a čalouněném nábytku. Je producentem toxinů se střední toxicitou, je alergogenní a může ovlivnit lidi se sníženou imunitou (elektronický zdroj č. 11).

Kolonie zástupců tohoto rodu jsou nejčastěji zpočátku bílé a od středu postupně tmavnou, což je způsobeno dozráváním konidií, které bývají zpravidla zelené, šedozelené či modrozelené barvy. Řada druhů uvolňuje do prostředí barviva (žlutá, červená, oranžová). Vzhled porostů je sametový a kompaktní (Raper a Thom, 1949).

Penicillium je schopné růst i při nízkých teplotách a vlhkosti. V závislosti na druhu je schopné růst při teplotách přibližně v rozmezí od 5 do 30 °C, ale například *Penicillium expansum* je schopné růst i při teplotách -3 °C (Piontek, 1999).

Rozmnožuje se nepohlavně konidiiemi, teleomorfa není známa. Jeho konidiofory mají silně bradavčitou stopku, dlouhou cca 100 - 200 µm, štětcovitě terverticilátně větvené, s víceméně přitisklými větvemi a metulami, na nichž vyrůstají lahvičkovité fialidy s krátkým krčkem. Konidie vyrůstají z fialid v řetízcích, jsou kulovité, hladké, cca 3,5 - 4 (-6) µm v průměru (Raper a Thom 1949).

Taxonomie rodu *Penicillium*:

(Raper a Thom, 1949; Hoog a Guarro, 1995)

Konidiofory nesou štětičku (penicillus), podle tvaru a větvení konidioforů se rozlišují hlavní sekce v rodu *Penicillium*.

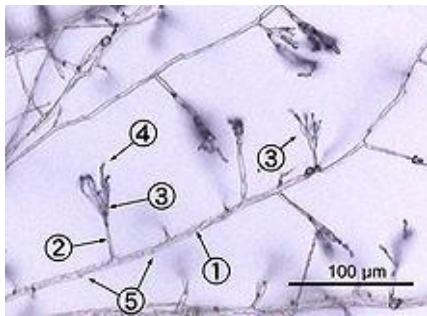
4 sekce:

- Monoverticillata - konidiofor - jednoduchá štětička - nesoucí fialidy s konidiiemi. Jsou zde zastoupeni producenti antibiotik toxických pro člověka. Např.: *Penicillium frequentans*
- Asymetrica - (někdy Biverticillata asymetrica) nejpočetnější skupina – štětičky asymetricky uspořádané, např.: *P. chrysogenum*, *P. roqueforti*, *P. camemberti*.
- Biverticillata symetrica - na konidioforu je svazek symetricky uspořádaných metul nesoucích fialidy s konidiiemi. Produkují a uvolňují barvivo do prostředí. Produkují kys. glukonovou a různá antibiotika.
- Polyverticillata - konidiofor tvoří bohatý, opakovaně větvený štěteček, např.: *P. chrysogenum*

4 podrody:

Každý podrod má specifickou stavbu konidioforů.

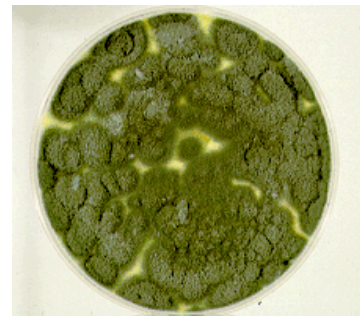
- *Aspergilloides* - monovercillátní
- *Penicillium* – asymetricky větvený - terverticilátní
- *Biverticillium* – biverticilátně větvený
- *Furcatum* – divarikátní



Obr. č. 7: *Penicillium*

(elektronický zdroj č. 12)

(Vysvětlivky: 1. hyfa, 2. konidiofor, 3. fialida, 4. conida, 5. septa)



Obr. č. 8: *Penicillium* - kolonie

(elektronický zdroj č. 12)

Příklady některých rodů *Penicillium* a jejich praktického využití a význam:

(Raper a Thom, 1949; elektronický zdroj č. 12 a 13)

- *Penicillium bilaiae*, přidáván do zemědělské půdy za účelem zlepšení její úrodnosti
- *Penicillium camemberti*, užívaný k produkci sýrů Camembert a Brie
- *Penicillium candida*, užívaný k produkci sýrů Camembert a Brie
- *Penicillium chrysogenum* (dříve též *Penicillium notatum*), byl z něj izolován penicilin
- *Penicillium glaucum*, užívaný k výrobě sýru Gorgonzola.
- *Penicillium marneffe*, dimorfní patogenní houba, která může způsobovat infekce u lidí se sníženou imunitou
- *Penicillium roqueforti*, užívaný k výrobě sýrů Roquefort, Danish Blue a dříve i Gorgonzola.
- *Penicillium verrucosum*, produkující ochratoxin A
- *Penicillium viridicatum*, produkující ochratoxin

- ***Cladosporium***

Jedná se o rozšířený rod saprofytující mnohé substráty, patří mezi fytopatogeny. Vyskytuje se v půdě, na živých a mrtvých rostlinných materiálech, ale i na masných výrobcích a na textiliích.

Konidie jsou tvarově i velikostně velmi různé: kulovité, citrónkovité, oválné, válcovité, nebo nepravidelně doutníkovité, tupě zakončené nebo s jedním, popř. oběma konci zašpičatělými (Malíř a Ostrý, 2003). Kolonie mají olivovou nebo šedou, hnědou až černou barvu a jsou velice kompaktní. Povrch kolonií může být sametový nebo vláskovitý. Mycelium je buď vnořené do substrátu, nebo je povrchové. Občas se tvoří stromata. Konidiofory jsou buď rovné, nebo rozvětvené, občas tvoří řapík a hlavičku, která může být jemná nebo bradavičnatá. Spóry jsou vřetenovité, oválné, sférické a bodlinaté či bradavičnaté. Jsou značně melanizované (ochrana před UV zářením) a tlustostěnné (ochrana před zimou či teplem). Mohou mít až tři septy (Hoog a Guarro, 1995).

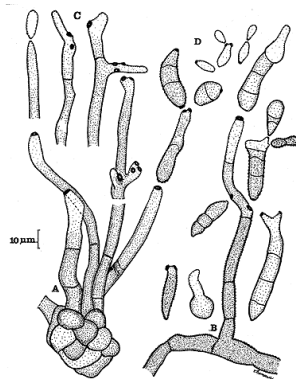
Cladosporium je pouze výjimečně patogenní. Může způsobovat infekce kůže, nehtů a dýchacího ústrojí. Spóry nesené vzduchem jsou významným alergenem a mohou způsobovat vážné potíže astmatikům a lidem trpícím dýchacími obtížemi. Nevyšší koncentrace spór ve vzduchu je v druhé polovině léta a na podzim, kdy hodnoty mohou dosahovat až 100 000 spór/m³ (elektronický zdroj č. 8). Při dlouhodobém vystavení těmto spórám může dojít k oslabení imunitního systému. Druhy *Cladosporia* neprodukují žádné významné mykotoxiny, ale produkují zápachající těkavé organické látky - VOC (Hoog a Guarro, 1995).

Cladosporium způsobuje kladospóriózy, strupovitost nebo může být hyperparazit rží. Je toxigenní. Patří mezi tzv. sapro-parazitické černě, protože způsobuje černé skvrny na listech rostlin, což je běžné například u jabloní nebo slivoní. U jablek způsobuje čern (melanózu) a znehodnocuje je i jako materiál pro moštování. Známa je též skvrnitost okurek (Konopiňská, 2004).

Cladosporium herbarum – jeden z nejvýznamnějších evropských plísňových alergenů. V Čechách je jeho maximální výskyt od července do září. K růstu a rozmnožování potřebuje vlhkost nad 85 %. Optimální teplota růstu je 18 - 28°C, ale některé druhy jsou schopné růst i při -6 °C (Hoog a Guarro, 1995; elektronický zdroj č. 8). V interiéru jej najdeme zejména na vlhkých stěnách, zejména pak ve sklepech, pivovarech a vinných sklepech.



Obr. č. 9:
Cladosporium herbarum –
kolonie
(elektronický zdroj č. 14)



Obr. č. 10:
Cladosporium herbarum
(elektronický zdroj č. 15)



Obr. č. 11:
Cladosporium herbarum –
kolonie
(elektronický zdroj č. 14)

3.5. Kvasinky

Kvasinky jsou heterotrofní eukaryotní jednobuněčné houbové převážně saprofytické mikroorganismy. Většina kvasinek patří do třídy vřeckovýtrusných hub, některé však i do třídy hub stopkovýtrusných, a proto společně tvoří jednotou taxonomickou skupinu. Žijí všude, kde se vyskytují jednoduché cukry nebo jejich deriváty. Můžeme je najít na rostlinách s vysokým obsahem cukrů, ale i na dřevě, v půdě i v těle živočichů.

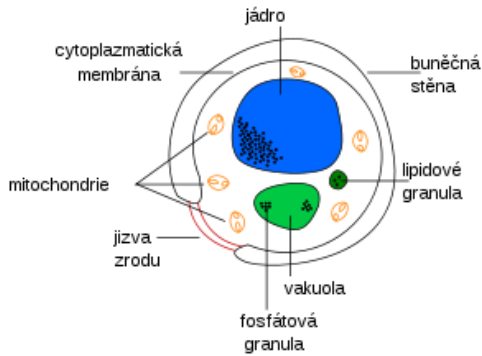
Velikost buněk se pohybuje v rozmezí 3 – 15 μm , je dána rodovou příslušností a podmínkami kultivace. Podobně jako velikost je ovlivňován i tvar buněk. Za základní tvar se považuje rotační elipsoid. Tvar kvasinkové buňky se může měnit i během vlastního vývoje.

Vegetativní stélka je nejčastěji ve formě jednotlivých pučivých buněk, některé druhy vytvářejí tzv. pučivé pseudomycelium. Vzácně se vyskytuje i hyfální přehrádkované mycelium. Buněčná stěna je jednovrstevná a je tvořena polysacharidy typu β -glukan a β -manan. Tvoří pravé myceliální struktury, pouze pseudomycelium, které se podobá koloniím jednobuněčných organismů (Kocková – Kratochvílová, 1990).

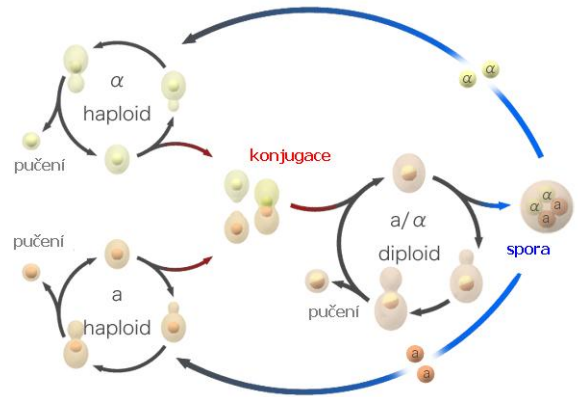
Kvasinky tvoří plodnice, množí se zejména nepohlavně (tvorba dceřiných buněk - blastospor) a je pro ně charakteristický způsob dělení buněk, takzvané pučení. Při nepohlavním rozmnožování může docházet i k prostému dělení buněk, u vláknitých typů se někdy tvoří tzv. arthrospory (rozpadem původního vlákna na jednotlivé samostatné buňky).

Kvasinky se mohou množit i pohlavně tvorbou vřecek, která však nejsou uzavřená v žádných plodnicích (askokarpech). Při pohlavním rozmnožování - nejčastěji somatogamie, dochází ke kopulaci dvou vegetativních buněk, chovajících se jako gamety.

U vláknitých typů kopulují ne příliš rozlišená gametangia (gametangiogamie) a vzniká diploidní zygota, která se (většinou) mění přímo ve vřeko.



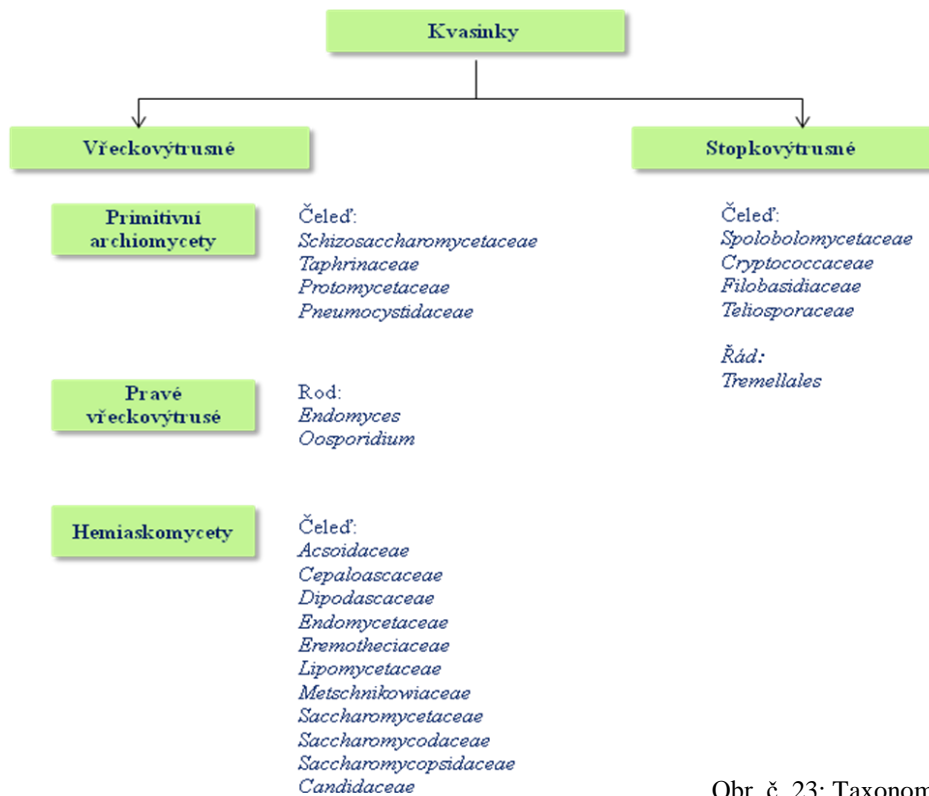
Obr. č. 12:
Schéma buňky kvasinky
(elektronický zdroj č. 14)



Obr. č. 13:
Životní cyklus kvasinky
(elektronický zdroj č. 14)

3.5.1. Taxonomie kvasinek

(Kocková – Kratochvílová, 1990; elektronický zdroj č. 14)



Obr. č. 23: Taxonomie kvasinek

3.5.2. Využití kvasinek

Kvasinky jsou hojně využívány v potravinářství a biotechnologiích. Vzhledem k jejich schopnosti kvašení se používají například při výrobě vína, piva nebo chleba a díky svým biosyntetickým vlastnostem našly využití i ve farmaceutickém průmyslu. Avšak jsou mezi nimi i původci nemocí.

Příklad využití kvasinek:

(Kocková – Kratochvílová, 1990; elektronický zdroj č. 14 a 15)

- Kvasinka pивní (*Saccharomyces cerevisiae*) - použití při výrobě piva, droždí a farmaceutických přípravků s vitamínem B
- Kvasinka vinná (*Saccharomyces ellipsoideus*) – jedná se o poddruh kvasinky pивní, způsobuje zkvašování rostlinných šťáv a její vyšlechtěné kmeny se využívají ke zkvašování vín.
- Kvasinka *Candida halophila* – schopnost efektivně odstranit organické polutanty (až 85%) z odpadních vod a to i za vysoké koncentrace amoniaku

3.5.3. Patogenní kvasinky

(Kocková – Kratochvílová, 1990; elektronický zdroj č. 14)

- *Cryptococcus neoformans* - nebezpečný patogen napadající nervovou soustavu
- *Trichosporon cutaneum* - kožní patogen žijící na vousech a ve vlasech
- *Pityrosporum ovale* – způsobuje lupy
- *Pneumocystis carinii* - vyvolává zápal plic novorozenců a nemocných AIDS
- *Candida albicans* (kandidóza) – patogen urogenitálního traktu způsobující při přemnožení obtíže

3.6. Bakterie

Jedná se o nejrozšířenější skupinu organismů na světě. Celkově se odhaduje, že na Zemi žije asi 5×10^{30} jedinců/ bakterií (Bednář, 1996). Bakterie se vyskytují v půdě, vodě, ovzduší i jako symbionty uvnitř a na povrchu mnohobuněčných organismů. Mohou žít v symbióze s organismem nebo jako patogeny vyvolávající nemoci. Nejvýznamnějším kritériem při výskytu bakterie je teplota, pH a množství kyslíku. Podle teplotního optima se bakterie dělí na psychofilní (do 20 °C), mezofilní (20 - 40 °C), termofilní (40 °C a více) a případně též hypertermofilní s optimem kolem 80 °C (elektronický zdroj č. 16; Škoda, 1997).

Jsou považovány za nejmenší jednobuněčné mikroorganismy, jejichž velikost kolísá v závislosti na rodu, druhu, stáří kultury a kultivačních podmínkách. Tyčinkovité bakterie jsou dlouhé 1 - 7 μm a tlusté 0,3 - 2 μm . Průměr koků se pohybuje v rozmezí 0,5 - 3,5 μm . Některé druhy se mohou svými rozměry podstatně lišit, například Spirochéty mohou být dlouhé 5 - 50 μm a tlusté 0,2 - 0,7 μm (Rosypal, 1994).

Bakteriální buňka je buňkou prokaryotní, tzn. že obsahuje buněčnou stěnu (může chybět), cytoplazmatickou membránu a protoplast, který se skládá z nukleoidu, ribozomů, inkluzí, cytoskeletu a cytosolu, nukleoid není ohraničen, DNA je bez intronů a plazmidy.

Některé bakterie se vyznačují schopností pohybu, což se děje převážně pomocí bičíků (i řasinek), které jsou vždy levotočivé a přesahují velikost bakterie. Dle rozmístění bičíků na povrchu buňky se tyčinkovité bakterie dále dělí na monotricha, amfotricha, lofotricha a peritricha (elektronický zdroj č. 17).

Rychlost metabolismu bakterií je vysoká. Bednář (1996) uvádí pro porovnání dobu potřebnou pro zdvojení hmotnosti i u dalších vybraných organismů.

Organismus	Doba potřebná pro zdvojení hmotnosti biomasy
bakterie	0,5 hod.
kvasinka	2 hod.
řasy	20 hod.
prase	800 hod.

Tab. č. 8: Charakteristická doba potřebná pro zdvojení hmotnosti (Bednář, 1996)

3.6.1. Ovzduší a bakterie

Bakterie se do vzduchu dostávají druhotně s vířeným prachem nebo v kapénkách slin, hlenu, potu, apod. Největší koncentrace bakterií je nad průmyslovými oblastmi. Mnohem menší množství bakterií najdeme nad neobydlenými místy.

Dle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR č. 6/2003 Sb. jsou hygienické limity výskytu bakterií ve vnitřním postřední pobytových místností (veřejných) splněny, nepřekročí-li koncentrace bakterií 500 kolonií tvořících jednotek na 1 m³ vzduchu. Stejně jako v případě mikroskopických vláknitých hub a kvasinek nejsou stanoveny hygienické limity jejich výskytu v soukromých vnitřních prostorech (byty, rodinné domy).

Dle předpisů Evropské unie se zavádějí kategorie znečištění, a to i pro domácnosti a neprůmyslová prostředí, viz tabulka č. 9.

Kategorie znečištění	Objekt	
	Domácnost	Neprůmyslové prostředí
	Koncentrace (počet) bakterií na m ³	
Velmi nízké	< 100	< 50
Nízké	< 500	< 100
Střední	< 2500	< 500
Vysoké	< 10000	< 2000
Velmi vysoké	≥ 10000	≥ 2000

Tab. č. 9: Kategorie znečištění vnitřního ovzduší bakteriemi dle EU (Jokl, 2002)

3.6.2. Negativní význam bakterií

Bakterie mohou poškozovat hostitele různými mechanismy (Bednář, 1996):

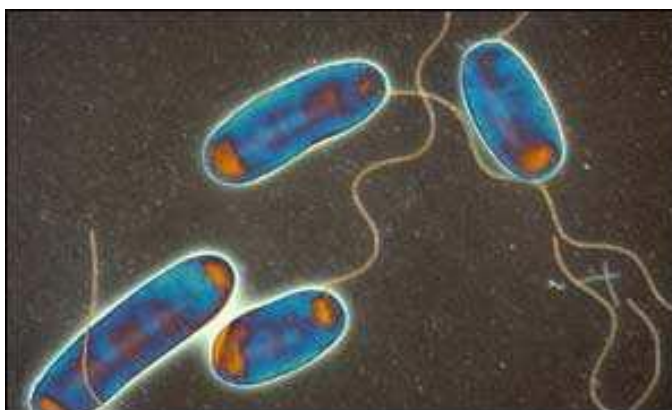
- Produkci toxinů
- Stimulaci zánětlivé reakce a uvolněním cytosinů
- Indukci imunopatologických reakcí
- Adhezí a invazí do buněk

Příklady nálezů a jejich původců přenášených vzdušnou cestou (Bednář, 1996):

- *Mycobacterium tuberculosis* – tuberkulóza
- *Corynebacterium diphtheriae* – záškrt
- *Bordetella pertussis* – dáivý kašel
- *Streptococcus pyogenes* – angína
- *Streptococcus* – spála, růže

Příklady dalších závažných onemocnění způsobených bakteriemi:

- *Bacillus anthracis* – antrax
- *Mycobacterium leprae* – lepra
- *Vibrio cholerae* – cholera
- *Legionella pneumophila* – nemoc legionářů - úmrtnost 10 %, roste při teplotách 20 - 45 °C ve vodních tancích, v potrubí, ve vodovodních kohoutcích, v odpadech, ve zvlhčovačích vzduchu. Expozice vdechnutím kontaminovaného aerosolu (Světová zdravotnická organizace – regionální úřadovna pro Evropu a SZU, 2000).



Obr. č. 14: *Legionella pneumophila* (elektronický zdroj č. 18)

3.6.3. Proteolytické bakterie v ovzduší – rod *Bacillus* a *Micrococcus*

• Rod *Bacillus*

Zástupci běžně se vyskytující aerobní, případně fakultativně anaerobní sporulující grampozitivní tyčinky o průměru 0,5 - 1,2 μm a délce 10 μm . Kolonie jsou bílé až béžové s nepravidelným okrajem. Endospóry jsou odolné zejména k teplu, radiaci a dezinfekčním činidlům (Votava, 2003). Většina druhů tohoto rodu jsou považovány za

nepatogenní s výjimkou *B. anthracis*, *B. cereus* a některých druhů parazitujících na hmyzu (Bednář , 1996).

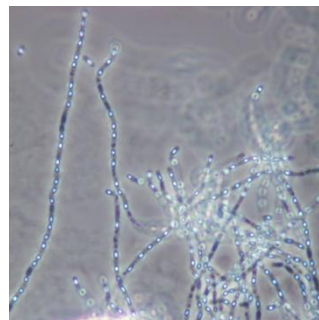
Příklady onemocnění způsobených druhy rodu *Bacillus*:

- *Bacillus cereus* – infekce ran a očí, pneumonie, sepse
- *B. anthracis* - antrax
- *B. subtilis* – infekce respiračního traktu, sepse
- *B. alvei* - meningitida
- *B. thuringiensis* – infekce očí a ran

Ve vzduchu, na rostlinách, v půdě, ve vodě a na rozkládajících se zbytcích rostlin se běžně vyskytuje *Bacillus mycoides*. Jedná se o fakultativně anaerobní bakterii s velikostí buněk 1 - 1,2 x 3 - 5 μm . Není známo, že by tato bakterie měla patogenní či toxické účinky na rostliny či živočichy s výjimkou ryb – sumců (elektronický zdroj č. 19). Stejně tak nejsou známy žádné toxiny produkované touto bakterií. *Bacillus mycoides* produkuje několik druhů antibiotik (elektronický zdroj č. 20). Rhizoidní kolonie bílé barvy mají vzhled podobný malbám mrazem na skle. Optimální kultivační teplota je 30 °C, ale roste i při 40 °C.



Obr. č. 15: *Bacillus mycoides*
(elektronický zdroj č. 21)



Obr. č. 16: *Bacillus mycoides*
(elektronický zdroj č. 21)

- **Rod *Micrococcus***

Grampozitivní aerobní mikrokoky mají striktně respirační metabolismus. Místem přirozeného výskytu je půda, zvířený prach ve vzduchu, kůže savců, maso, mléčné výrobky. Za normálních okolností jsou mikrokoky pokládány za nepatogenní bakterie, avšak u osob se sníženou imunitou mohou vyvolat závažné infekce.

Rod *Micrococcus* produkuje pigment, barva kolonií může být žlutá, žlutozelená nebo oranžová, kruhového tvaru, konvexní, s pravidelným okrajem.



Obr. č. 17: *Micrococcus luteus*
(elektronický zdroj č. 22)



Obr. č. 18: *Micrococcus luteus*
(elektronický zdroj č. 22)

4. Metodika

Pro soukromý sektor nejsou stanoveny závazné požadavky na faktory charakterizující kvalitu vnitřního prostředí bytových jednotek a rodinných domů, a tudíž není ani známa situace v těchto prostorách. Z tohoto důvodu je tato práce zaměřena na zmapování aktuálního stavu vnitřního ovzduší ve vytipovaných soukromých objektech. Pro tuto práci byly stanoveny jako významné a sledované rody vláknitých hub *Penicillium*, *Rhizopus*, *Cladosporium* a *Saccharomyces* a u proteolytických bakterií to byly rody *Bacillus* (*Bacillus mycoides*) a *Micrococcus*.

Měření spočívalo v přípravě vhodného živného média, odběru vzorků vnitřního vzduchu, jeho kultivaci na vhodný nosič, inkubaci a následném makroskopickém vyhodnocení narostlých kolonií a spočítání KTJ, které slouží jako indikátor kvality prostředí. Vzhledem k tomu, že výskyt sledovaných mikroorganismů je mimo jiné vázán i na vlhkost a teplotu, byly během odběru vzorků měřeny i tyto dvě veličiny.

4.1. Použitá kultivační média

- MPA – Masopeptonový agar (Nutrient agar = Oxid CM 0003)

Universální živná půda, která se používá se ke kultivaci méně náročných mikroorganismů. V tomto případě byl MPA použit jako růstové médium proteolytických bakterií.

- Výrobce: Oxid LTD, Basingstoke, Hampshire, England
- pH: $7,4 \pm 0,2$ při 25°C
- Složení (g/l):
 - masový výtažek - 1,0 g
 - kvasničný extrakt - 2,0 g
 - pepton - 5,0 g
 - chlorid sodný - 5,0 g
 - agar - 15,0 g

- PDA – Bramboro-dextrózový agar (Potato dextrose agar = CM 0139)

Použit pro kultivaci mikroskopických vláknitých hub.

- Výrobce: Oxid LTD, Basingstoke, Hampshire, England
- pH: $5,6 \pm 0,2$ při 25°C
- Složení (g/l):
 - Dextróza - 20,0 g
 - bramborový extrakt - 4,0 g
 - agar - 15,0 g

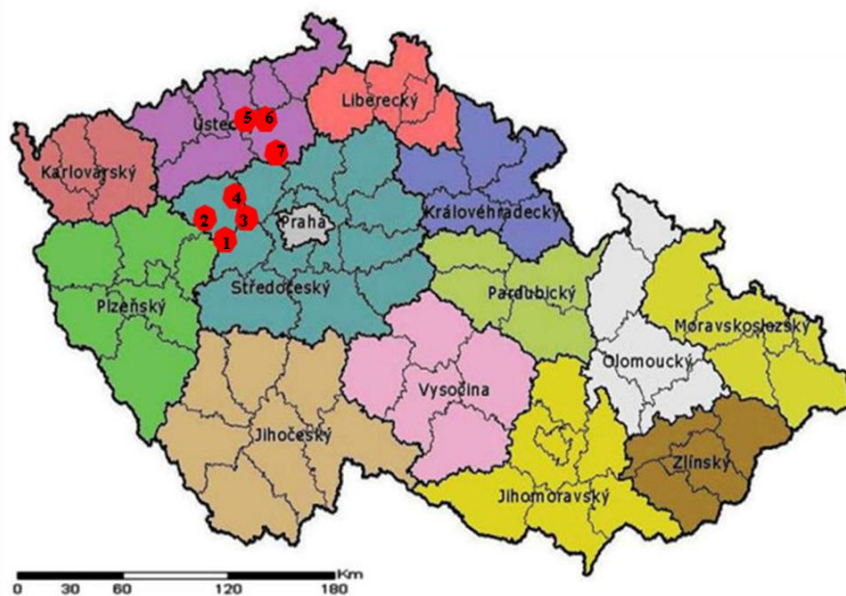
4.2. Příprava živných pŮd

- Pro každý termín odběru byly připraveny vždy 3 Petriho misky s živnou půdou pro každé místo a každý druh živné půdy. Při sedmi odběrových místech bylo připraveno 21 misek s PDA a 21 misek s MPA agarem.
- Příprava MPA
 - Doporučené dávkování MPA - 28g/l
 - Množství pro 21 Petriho misek (1 miska \pm 15ml agaru) – 315 ml \rightarrow po zaokrouhlení bylo připravováno 350 ml agaru.
 - Na přípravu 350 ml MPA agaru je třeba 9,8 g sušeného agaru
- Příprava PDA
 - Doporučené dávkování PDA - 39g/l
 - Množství pro 21 Petriho misek (1 miska \pm 15ml agaru) – 315 ml \rightarrow po zaokrouhlení bylo připravováno 350 ml agaru.
 - Na přípravu 350 ml PDA agaru je třeba 13,7 g sušeného agaru
- Navážené množství sušeného agaru je třeba smíchat s 350 ml destilované vody, důkladně promíchat, uzavřít a sterilovat v autoklávu při jedné atmosféře (1 KPa) po dobu 20 minut. Po sterilizaci je třeba agar promíchat a rovnoměrně rozlít do připravených sterilních Petriho misek, které je před kultivací možné skladovat v chladu i při pokojové teplotě a dnem vzhůru (z důvodu kondenzace vlhkosti). Kultivaci je nutné provést v co nejkratší době po přípravě.
- Základní podmínkou úspěšné kultivace je předejití kontaminaci růstového média a to především důsledným dodržováním sterility prostředí při přípravě i při vlastním odběru vzorku. Jedná se zejména o použití sterilního laboratorního náčiní i Petriho misek,

desinfekci pracovní plochy, sterilizaci připravované půdy za pomoci autoklávu, otevírání Petriho misek na co nejkratší dobu nutnou k naočkování, apod..

4.3. Volba/ vytipování odběrových míst

- Všechna měření probíhala v rodinných domech (nikoliv bytech)
- Lokalita
 - Byla snaha vybrat takové domy, které neleží v blízkosti průmyslových oblastí zaměřených na potravinářský, farmaceutický, chemický či jiný průmysl, který by mohl významně ovlivnit výsledky v počtech sledovaných mikroorganismů.
 - Byly vytipovány domy ležící spíše v obcích a menších městech.
- Byla snaha vybrat vždy dva domy tak, aby vzájemně co nejvíce korespondovaly v níže uvedených kritériích:
 - Minimální vzdálenost od sebe
 - Stáří domu
 - Stavební materiál
 - Vybavenost (standard) domácností
 - Hygienické limity domácností
 - Frekvence užívání objektu
 - Počet a věk obyvatel v jednotlivých objektech



Obr. č. 19: Rozmístění objektů, ve kterých probíhalo měření interiérového ovzduší

Odběrové místo č. 1:

Jedná se o prvorepublikovou vilu o dvou nadzemních podlažích (včetně přízemí) ve středních Čechách v okrese Praha - západ. Vila byla postavena v roce 1918 a následně přestavěna v roce 1929. V roce 2003 došlo ke kompletní rekonstrukci objektu včetně výměny střešní krytiny a oken, nových vnitřních a vnějších omítek, zateplení fasády, hydroizolací, podlahových krytin, obkladů, nábytku, ...atd.

Místnost (22 m²), kde probíhal odběr vzorků je společenská místnost vybavená dřevěným lakovaným nábytkem, koženou sedačkou a parketovou podlahou. V místnosti není žádný čalouněný nábytek, koberec, záclony ani závěsy. V místnosti nebyl zjištěn žádný výskyt plísní na stěnách, ale malé kolonie byly nalezeny na okenních rámech, konkrétně na silikonové izolaci kolem skel. I přes to, že je tato místnost pravidelně větrána (min. 1x denně) a vytápěna na teplotu cca 21 °C, tak ve vzduchu je patrná vyšší vlhkost.

Odběrové místo č. 2:

Dům o třech nadzemních podlažích (včetně přízemí) se nachází ve středních Čechách v okrese Rakovník. Objekt byl částečně zrekonstruován v roce 2002. Rekonstrukce zahrnovala výměnu oken a dveří, nový plynový kotel a radiátory, částečná hydroizolace 2 obvodových zdí (došlo k podřezání), nové vnitřní omítky, nové podlahové krytiny a obklady, nový nábytek. Nebyla provedena oprava venkovní fasády a výměna střešní krytiny (obojí staré cca 50 let).

Místnost (45 m²), kde probíhal odběr vzorků, se nachází v 2. patře domu, jedná se o jídelnu spojenou s obývacím pokojem a kuchyní. Místnost je vybavena lakovaným dřevěným nábytkem a dřevěnými parketami, látkovou čalouněnou sedací soupravou a čalouněnými jídelními židlemi, na oknech jsou látkové horizontální žaluzie. V místnosti nejsou žádné záclony, závěsy ani koberec. V místnosti nebyly nalezeny žádné plísně kolonie s výjimkou okenních rámců, kdy jsou zřetelné malé kolonie plísní na silikonové izolaci kolem skel. Vzduch v místnosti je pocitově příjemný bez zjevných plísněových zápachů či zvýšené vzdušné vlhkosti.

Odběrové místo č. 3:

Jedná se o dvoupodlažní (včetně přízemí) rodinný dům z roku 2004, který leží ve středních Čechách v okrese Praha – západ. Pro stavbu domu bylo použito vyspělých stavebních materiálů (např.: porobeton, betonové stropní překlady, plastová okna) a je také vybaven odvětráním koupelen, komory a spíže.

Odběrovým místem byla jídelna spojená s kuchyní a obývacím pokojem o celkové výměře 42 m². Místnost je vybavena dřevěným lakovaným nábytkem a dřevěnou prkennou

podlahou, látkovou čalouněnou sedací soupravou, jídelní židle jsou potažené kůží, na zemi je kusový koberec (1,5 x 1,5 m), na oknech záclony. V místnosti nebyly nalezeny žádné plísňové kolonie a vzdušná vlhkost byla pocitově v pořádku.

Odběrové místo č. 4:

Nově postavený dům v moderní zástavbě z roku 2001 se nachází ve středních Čechách v okrese Praha - západ. Na stavbu domu byly použity moderní stavební materiály: obvodové zdi a vnitřní příčky jsou z porobetonu, betonové stropní překlady, dřevěná eurookna, střešní krytina Bramac, hydroizolace základové desky.

Testované vzorky vzduchu byly odebrány v obývacím pokoji, který je spojený s kuchyní (35 m²). Vybavení místnosti: plovoucí podlaha kombinovaná s dlažbou a koberec o rozměrech 2 x 1,5 m, látková čalouněná sedací souprava, dřevěný lakovaný nábytek, na oknech závěsy. Místnost byla během odběru čistá, bez prachu, zvýšené vzdušné vlhkosti a bez viditelných kolonií plísní.

Odběrové místo č. 5:

Starší opukový dům z roku 1931 se nachází v Severních Čechách v okrese Litoměřice. Dům prošel v letech 1992 – 1996 celkovou rekonstrukcí, která zahrnovala: výměnu střešní krytiny, nové vnitřní a venkovní omítky, výměnu podlah a podlahových krytin, hydroizolaci terasy (nachází se nad odběrovým místem), tepelnou izolaci podkrovních místností, výměnu špaletových oken za plastové. V roce 2007 byl kompletně vyměněn i všechn nábytek.

Místnost, kde byl odebrán vzorek, je vybavena: dřevotřískovým vestavěným nábytkem, plovoucí podlahou, na oknech jsou záclony, koberec 1 x 1,5 m. Místnost se v minulosti potýkala s problémem výskytu plísňových povlaků na 1 stěně a z tohoto důvodu byla tato stěna, v roce 1995, podřezána a byla provedena sanace zdiva. Od té doby se plísňové povlaky nevyskytují, ale občas se i přes pravidelné větrání a vytápění vyskytuje plísňový zápach a zvýšená pocitová vzdušná vlhkost.

Odběrové místo č. 6:

Jedná se o starší opukový dům z roku 1931, který se nachází v Severních Čechách v okrese Litoměřice. Dům prošel v roce 1998 kompletní rekonstrukcí, kdy došlo k výměně střešní krytiny, výměně vnitřních a vnějších omítek, pokládce nových podlahových krytin a obkladů, špaletová okna byla vyměněna za nová jednoduchá dřevěná okna.

Odběrovým místem byl samostatný obývací pokoj (20 m²) vybavený novou látkovou čalouněnou sedací soupravou a novým kobercem položeným po celé ploše pokoje, na oknech jsou záclony, nábytek je dřevotřískový lakovaný, v místnosti je otevřený krb. Místnost je bez výskytu plísňových povlaků i zápachu.

Odběrové místo č. 7:

Místo číslo 7 bylo ponecháno v tomto měření i přesto, že se nepodařilo najít druhou podobnou stavbu, protože se jedná o nejstarší stavbu ze všech výše popsaných domů a ani stavební materiál není úplně běžný.

Jde o dvoupodlažní (včetně přízemí) roubenou chalupu kombinovanou s hrázděním a s pískovcovými kvádry, která se nachází ve Středních Čechách, v okrese Mělník. Dům byl postaven kolem roku 1890. V letech 2008 - 2010 došlo ke kompletní (dobově a materiálově stylové) rekonstrukci objektu, která zahrnovala výměnu podlah a stropů, hydroizolaci objektu, opravu vnější fasády, nové rozvody vody a elektřiny, renovaci vnitřních zdí, nový nábytek. V rámci rekonstrukce objektu byla též provedena odborná deratizace a ošetření dřevěných povrchů proti dřevokazným škůdcům.

Vzorek vzduchu byl odebrán v jídelně (18 m²), jejíž stěny, strop i podlaha jsou stejně jako nábytek dřevěné. V místnosti je látková čalouněná sedací souprava, vytápění je zajištěno tuhými palivy.

4.4. Specifikace sledovaných objektů

V tabulce č. 10 jsou uvedeny základní informace o jednotlivých místech odběru. V popise jsou zahrnuty ty skutečnosti, u kterých se dá předpokládat, že by mohly nějakým způsobem ovlivnit naměřené hodnoty.

Stejnou barvou jsou označena vždy dvě místa odběru, která jsou si v parametrech nejvíce podobná. Jedinou výjimkou je odběrové místo č. 7, pro které, díky jeho specifčnosti, nebyl nalezen adekvátní porovnávací objekt. Nicméně díky své výjimečnosti bylo odběrové místo č. 7 ponecháno ve sledovaném vzorku.

	Místo 1	Místo 2	Místo 3	Místo 4	Místo 5	Místo 6	Místo 7
Popis							
Město/ vesnice	vesnice 590 obyv.	město 5200 obyv.	vesnice 400 obyv.	vesnice 1200 obyv.	město 10000 ob.	město 10000 ob.	vesnice 13 obyv.
Oblast	střední Čechy	střední Čechy	střední Čechy	střední Čechy	severní Čechy	severní Čechy	střední Čechy
Stáří domu	93 let (1918)	94 let (1917)	7 let (2004)	10 let (2001)	80 let (1931)	80 let (1931)	121 let (1890)
Stavební mat. obvodových zdí	plná cihla	plná cihla	porobeton	porobeton	opuka	opuka	dřevo a pískovec
Tepelná izolace	ano polystyren	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Okna typ a stáří	eurookna 8 let	eurookna 9 let	plastová 7 let	plastová 10 let	dřevěná 15 let	plastová 13 let	dřevěná 3 roky
Klimatizace, rekuperace, ...	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Sklep	částečně podsklepen	částečně podsklepen	ne	ne	částečně podsklepen	částečně podsklepen	ne
Odpadní vody	kanalizace	septik	septik	septik	kanalizace	kanalizace	septik
Místo odběru	přízemí	1. patro	přízemí	přízemí	přízemí	přízemí	přízemí
Typ vytápění	plynový kotel	plynový kotel	plynový kotel	plynový kotel	ústřední topení	ústřední topení	tuhá paliva
Frekvence užívání domu	každodenní	každodenní	každodenní	každodenní	každodenní	každodenní	víkendové
Rostliny v místnosti	ano	ano	ano	ano	ne	ano	ne
Počet obyvatel	3	5	5	3	2	2	4
Věkový průměr	24	19	25	25	60	64	20

Tab. č. 10: Základní specifikace jednotlivých objektů vybraných pro odběr vzorků (dále bude o každém odběrovém místě mluveno, jako o odběrovém místě č. 1 – 7)

4.5. Odběr vzorků

Vzhledem k tomu, že intenzita a druhové spektrum mikroorganismů vyskytujících se v ovzduší jsou mimo jiné výrazně závislé na ročním období a meteorologických podmínkách, tak jako vhodné termíny odběru byly stanoveny měsíce duben, září a prosinec. Celkem byly tedy provedeny tři odběry během roků 2009 a 2010 tak, aby odběry proběhly v topné i netopné sezóně. Odběr byl prováděn vždy za slunečného a bezvětřného počasí.

Cílem odběru nebylo získat vzorek z vnitřního prostoru, kde byla plíseň již detekována, ale zjistit aktuální stav interiérového vzduchu v běžně užívaných prostorách domácností. Vzorky vzduchu byly prioritně odebírány v co nejvíce frekventované místnosti. Ve většině případů se jednalo o obývací pokoj nebo obytnou kuchyni spojenou s obývacím pokojem.

4.5.1. Stanovení místa odběru

Při stanovení místa odběru v dané místnosti, aby byl získán reprezentativní vzorek, bylo vycházeno z „Metodického návodu pro měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí“ podle vyhlášky č. 6/2003 Sb. vydaného Ministerstvem zdravotnictví ČR – Hlavní hygienik České republiky dne 23. 3. 2007 (elektronický zdroj č. 23) a ze „Zpráv Centra epidemiologie a mikrobiologie“ SZÚ (elektronický zdroj č. 24):

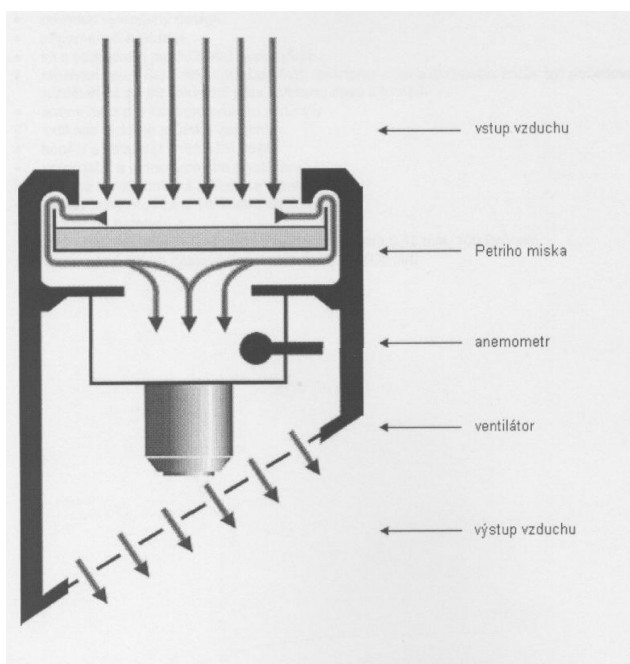
- Z důvodu vyhnoutí se místům v blízkosti tepla, průvanu, chladným či prosluněným zónám, bylo stanoveno odběrové místo ve středu místnosti (průnik úhlopříček)
- odběr byl prováděn ve výšce 100 cm nad zemí (dýchací zóna)
- místnost byla 3 hodiny před odběrem přirozeně vyvětrána a pak byla okna uzavřena (běžný provoz v místnosti nebyl přerušen až do doby odebrání vzorku)

4.5.2. Technika a technologie

Vzhledem k tomu, že se jednalo o aktivní odběr, bylo k odběru použito metody nasávání vzduchu pomocí aeroskopu. Principem této metody je nasátí vzduchu přes živnou půdu, která je inkubována za určité teploty podle druhu stanovovaného mikroorganismu a následně se spočítá KTJ, které slouží jako indikátor kvality prostředí.

Princip Aeroskopu je založen na tom, že se vzduch nasává přes perforovanou odběrovou hlavu (velikost pórů 3 μm). Během nasávání vzduchu je měřen přítok vzduchu a

dochází k regulaci množství vzduchu nasávaného po dobu odběru, dle předem stanovených požadavků. Nasávaný vzduch naráží na povrch živné půdy ve vložené Petriho misce, čímž dochází k zachycení mikroorganismů na kultivační médium. Nárazová rychlost (rychlost, kterou mikroorganismy narážejí na povrch agaru) je přibližně 11 m/ s. Tato rychlost garantuje, že jsou nasáty všechny částice > 1 μm (elektronický zdroj č. 25). Byl použit přístroj Mas – 100 Eco. Pro měření teploty a vlhkosti vzduchu byl použit digitální přístroj SCD 530 od firmy Philips – Avent.



Obr. č. 20: Princip aeroskopu (elektronický zdroj č. 26)

Obr. č. 21: Aeroskop Mas – 100 Eco
(Foto Hana Nováková)



Obr. č. 22: Perforovaná odběrová hlava aeroskopu Mas – 100 Eco
(Foto Hana Nováková)

4.5.3. Způsob odběru vlastního vzorku

- Aeroskop byl postaven na předem určené místo, viz kapitola č. 4.5.1. - Stanovení místa odběru.
- Do aeroskopu byla vložena Petriho miska s živnou půdou. Vzhledem k tomu, že se jednalo o sterilní materiál, bylo nutno dodržet základní preventivní pravidla práce se sterilním materiálem, aby nedošlo k jeho kontaminaci.
- Na aeroskopu bylo navoleno požadované množství nasátého vzduchu na 100 l.
- Na každém odběrovém místě byly při každém odběru nakultivovány tři Petriho misky od každého druhu živné půdy.
- Následně byly misky uzavřeny a popsány (datum, lokalita, teplota, vlhkost).
- Misky byly uloženy dnem vzhůru, z důvodu kondenzace vodních par, do přepravního zavazadla pro dopravu k následné kultivaci.

4.6. Inkubace naočkovaných vzorků

Po odběru vzorků vzduchu byly Petriho misky s naočkovanou živnou půdou uloženy v termostatu dnem vzhůru (z důvodu kondenzace vlhkosti) a inkubovány po dobu 4 dnů:

- MPA agar (proteolytické bakterie) – při 30 °C
- PDA agar (vláknité houby a kvasinky) – při 22 °C

Následně byl vyhodnocen makro-habitus narostlých kolonií a byl proveden odečet kolonií pro každou Petriho misku a každý sledovaný mikroorganismus. Více viz kapitola č. 4.7. - Vyhodnocení odběrů.

4.7. Vyhodnocení odběrů

Po inkubaci byla u odebraných vzorků ovzduší makroskopicky identifikována rodová, případně druhová příslušnost vláknitých hub, proteolytických bakterií a kvasinek a byl proveden vlastní odečet narostlých kolonií. Fotografická dokumentace narostlých kolonií, viz příloha 1.

4.7.1. Provedené početní operace

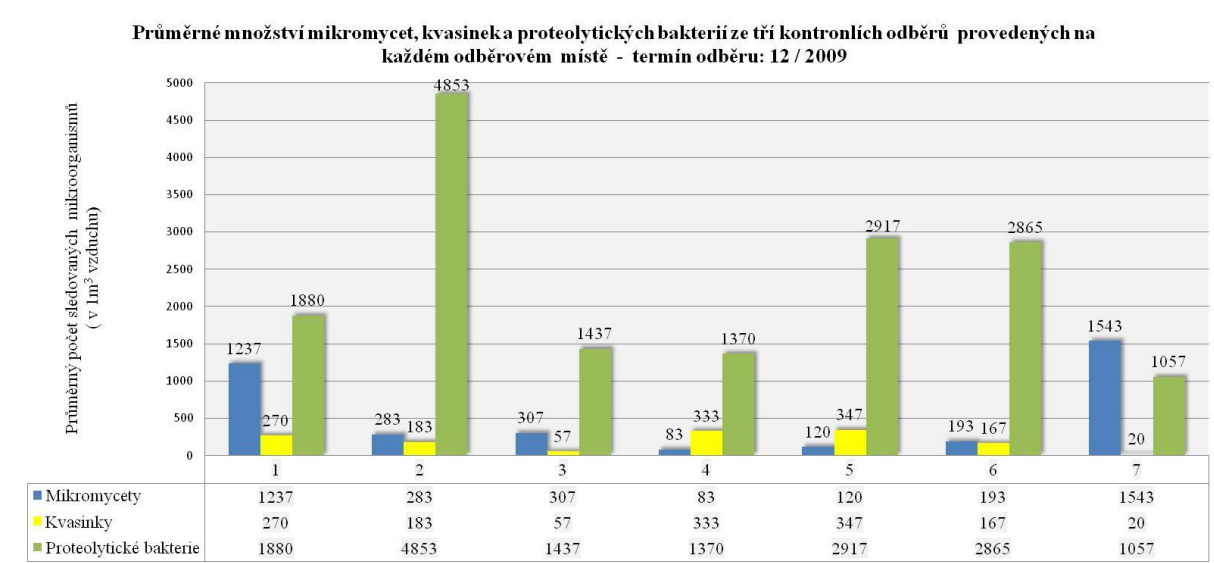
- Vzhledem k tomu, že nasáté množství vzduchu, které prošlo přes kultivační médium, bylo navoleno na 100 l, ale pro standardní výpočty je používáno 1000 l, tak bylo nutno, před započítáním jakéhokoliv vyhodnocování výsledků, všechny zjištěné hodnoty vynásobit 10x, aby byly převedeny hodnoty na standardní jednotku KTJ/ m³.
- Průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých sledovaných mikroorganismech pro každé místo odběru a pro jednotlivý termín odběru.
- Průměrné mikrobiální zatížení totálních hodnot pro každé odběrové místo a termín odběru.
- Průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech v porovnání vždy dvou předem vybraných objektech.
- Pro zjištění všech níže prezentovaných průměrných hodnot ve výběrových souborech byl použit aritmetický průměr, který udává střední hodnotu kvantitativního statistického znaku a charakterizuje střed polohy rozdělení jeho hodnot (Brabenec a kol, 2006):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

- Byla zjišťována závislost výskytu sledovaných skupin mikroorganismů na vlhkosti a teplotě pomocí lineární regresní funkce a koeficientu korelace.
- Bylo provedeno testování středních hodnot naměřených dat pomocí obousměrného t – testu (dvouvýběrového t - testu), který byl volen v závislosti na výsledku F – testu pro shodu dvou rozptylů.
- Porovnání středních hodnot prvního až šestého objektu se střední hodnotou prvního až sedmého objektu, aby bylo zjištěno, zda se objekt číslo sedm statisticky liší či neliší od předchozích objektů.
- Pro statistické zpracování výsledků bylo použito programu Statistica, verze 9.0 a MS Excel, 2007.

5.2. Průměrné mikrobiální zatížení – celkové hodnoty

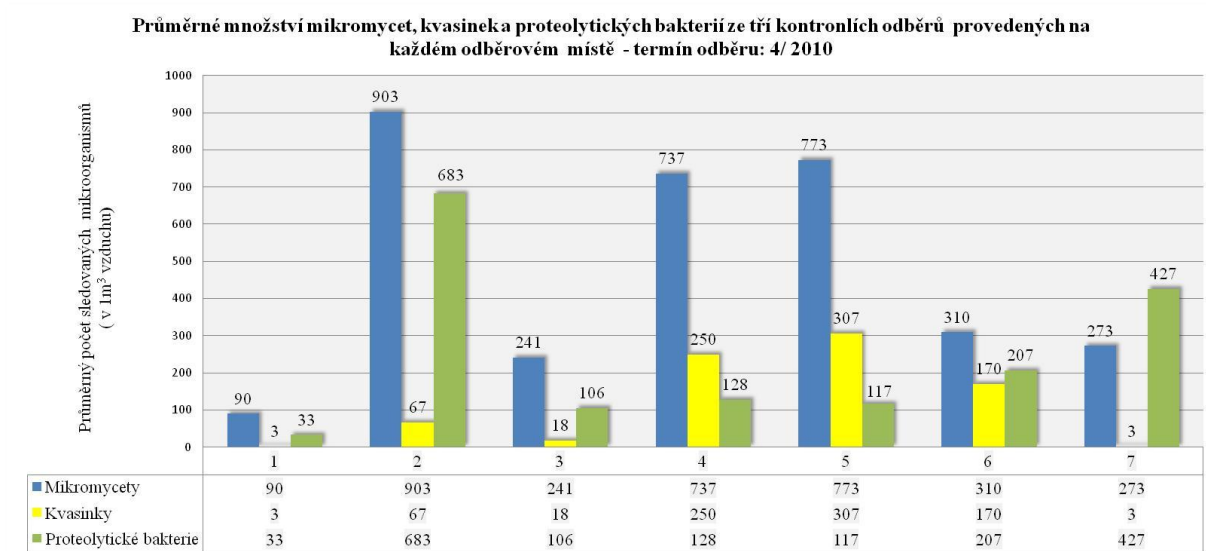
Grafy č. 3, 4, 5 ukazují průměrné počty vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií, které byly naměřeny během tří termínů odběru. Z grafů je na první pohled patrné, že nejvyšší výskyt sledovaných mikroorganismů byl v prosinci 2009 a to na všech odběrových místech. Toto se dá přisuzovat i skutečnosti, že se jednalo o plnou topnou sezónu a pravidelné větrání odběrových míst mohlo být tudíž omezeno. Průměrný výskyt jednotlivých sledovaných skupin mikroorganismů, za všechna odběrová místa, byl v prosinci 2009 následující: vláknité houby 538 KTJ. m⁻³, kvasinky 197 KTJ. m⁻³ a proteolytické bakterie 2 340 KTJ. m⁻³. Během prvního odběrového termínu byl zaznamenán nejvyšší výskyt proteolytických bakterií na odběrovém místě č. 2, kde bylo naměřeno 4853 KTJ. m⁻³. Nejvyšší výskyt kvasinek byl na odběrovém místě č. 5 s počtem 347 KTJ. m⁻³ a vláknitých hub bylo nejvíce naměřeno na odběrovém místě č. 7 s počtem 1543 KTJ. m⁻³.



Graf č. 3: Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 12/2009

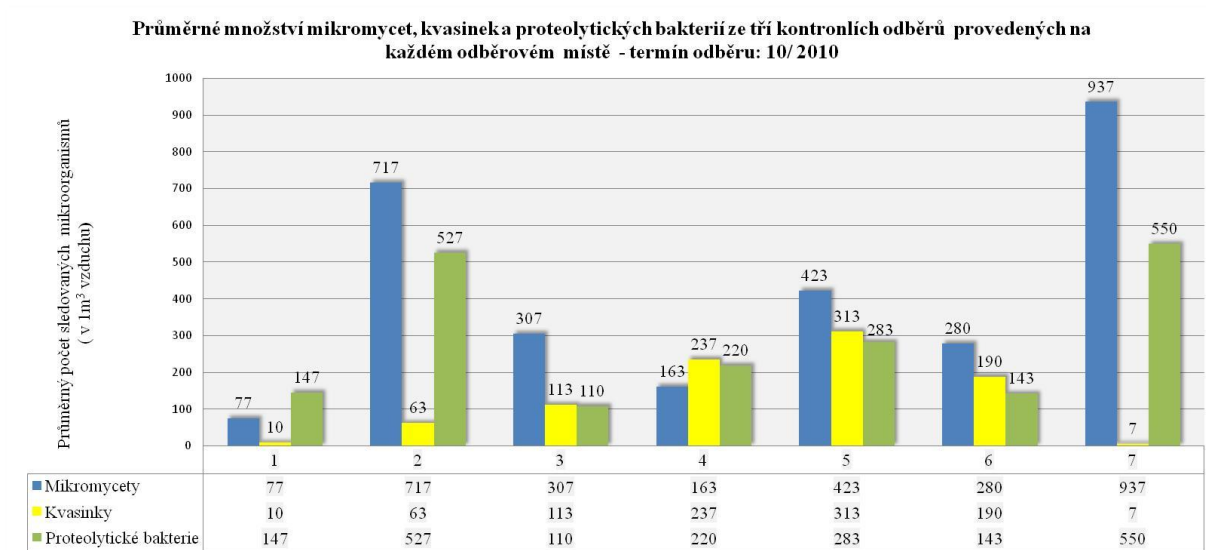
Během druhého odběrového termínu, který proběhl v dubnu 2010 (viz graf č. 4), byl průměrný výskyt jednotlivých sledovaných skupin mikroorganismů za všechna odběrová místa následující: vláknité houby 475 KTJ. m⁻³, kvasinky 117 KTJ. m⁻³ a proteolytické bakterie 1 759 KTJ. m⁻³. Z těchto čísel je patrné, že hodnoty jsou v porovnání s prvním odběrovým termínem podstatně nižší. U kvasinek byly v tomto termínu zaznamenány nejnižší průměrné počty KTJ. m⁻³. V dubnu 2010 byly opět naměřeny nejvyšší průměrné hodnoty u proteolytických bakterií, ale i u mikroskopických hub u odběrového místa č. 2.

Nejnižší průměrné hodnoty mikroskopických vláknitých hub a proteolytických bakterií byly naopak naměřeny u odběrového místa č. 1 a 7. Což se dá, mimo jiné, odůvodnit i nižší vzdušnou vlhkostí, která byla na těchto místech naměřena v tomto odběrovém termínu. Ze všech odběrových míst byla na těchto dvou odběrových místech nejnižší hodnota – 34 %.



Graf č. 4: Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 4/2010

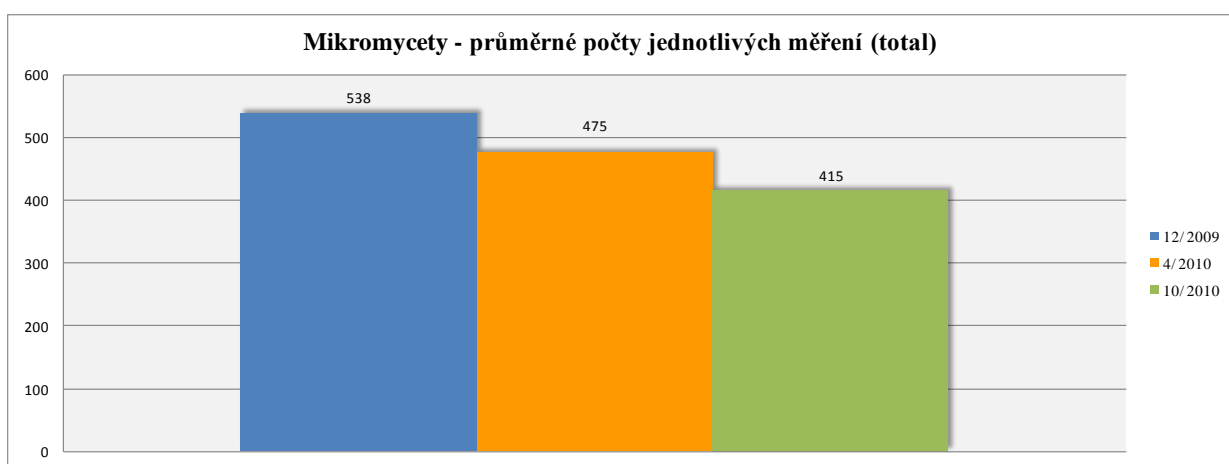
Průměrný výskyt jednotlivých sledovaných skupin mikroorganismů, za všechna odběrová místa, byl v říjnu 2010 následující: vláknité houby 415 KTJ. m⁻³, kvasinky 133 KTJ. m⁻³ a proteolytické bakterie 1 759 KTJ. m⁻³ - což jsou u mikroskopických hub a proteolytických bakterií nejnižší naměřené hodnoty za všechny tři termíny odběru.



Graf č. 5: Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 10/2010

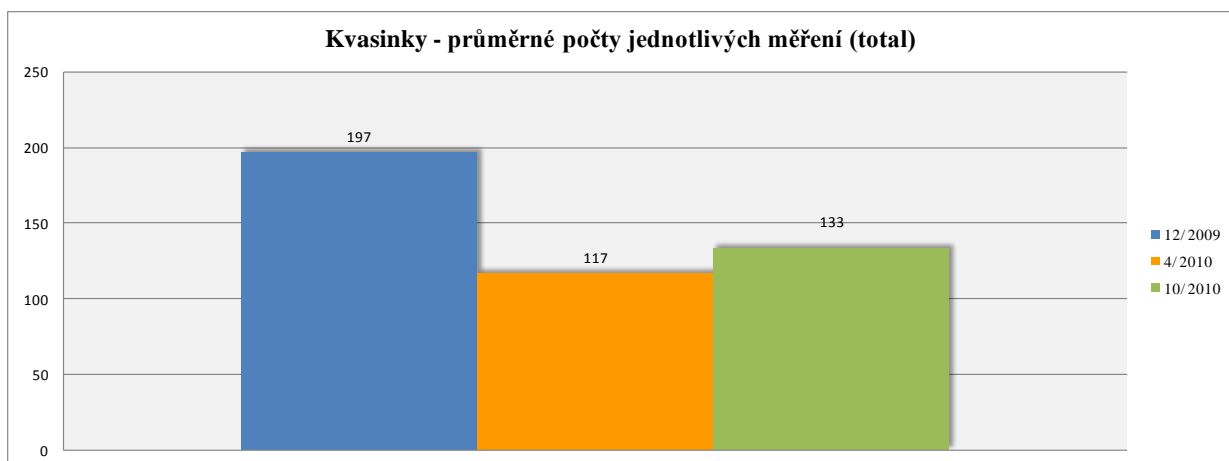
5.3. Průměrné počty sledovaných skupin mikroorganismů

Grafy č. 6, 7 a 8 ukazují sumární hodnoty jednotlivých sledovaných skupin mikroorganismů dle jednotlivých termínů odběru. Počty mikroorganismů jsou uvedeny v jednotce vyjadřující KTJ. m⁻³. Jednoznačně nejvyšší počty vláknitých hub a proteolytických bakterií byly naměřeny během prvního termínu odběru - v prosinci 2009. Podle celkových průměrných hodnot výskytu mikroorganismů za jednotlivé termíny odběru byl druhý nejvyšší počet mikroorganismů naměřen v druhého termínu měření - v dubnu 2010 a nejnižší průměrný počet mikroorganismů byl naměřen během třetího termínu odběru vzorků - v říjnu 2010.



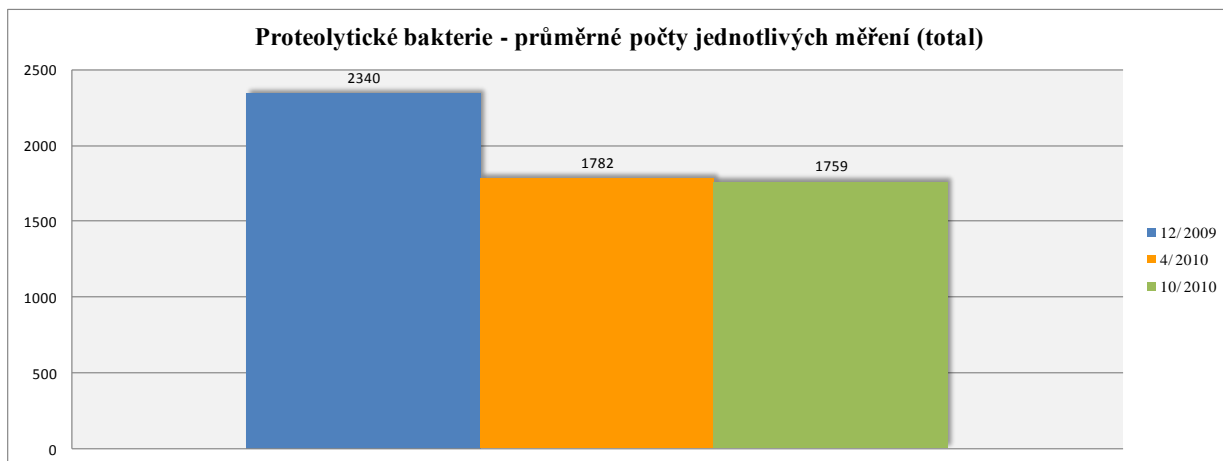
Graf č. 6: Průměrné množství vláknitých hub – celkové hodnoty

U druhého termínu odběru došlo k významnému poklesu celkových průměrných počtů vyjádřených v KTJ. m⁻³ u všech sledovaných skupin mikroorganismů oproti prvnímu termínu odběru a u kvasinek byly dokonce naměřeny nejnižší hodnoty za všechny tři termíny odběru.



Graf č. 7: Průměrné množství kvasinek – celkové hodnoty

Celkové hodnoty průměrných počtů mikroorganismů mezi druhým a třetím termínem odběru se příliš nelišily. Mezi celkovým průměrným počtem naměřených mikroorganismů mezi těmito dvěma termíny odběru nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

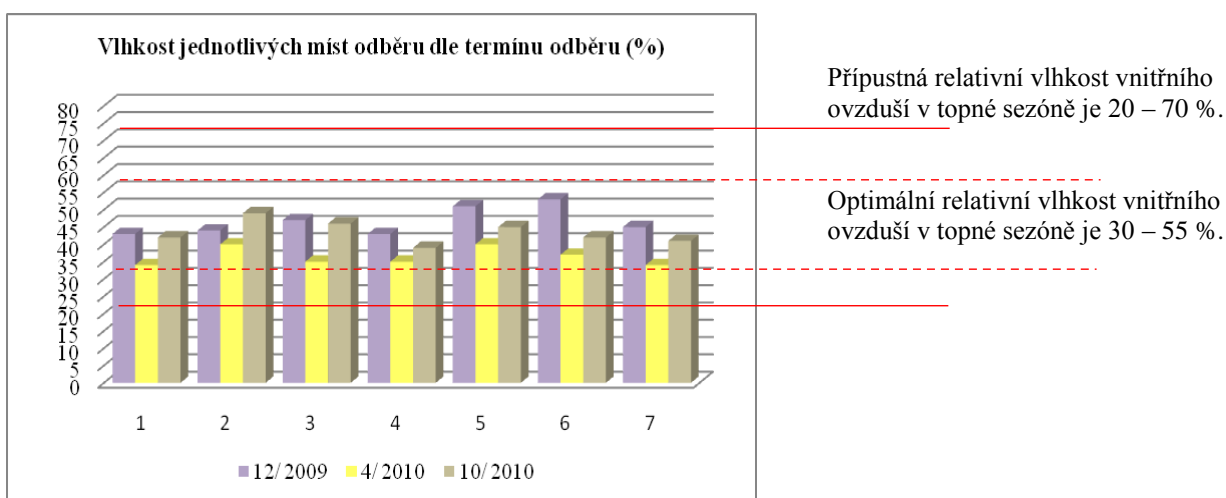


Graf č. 8: Průměrné množství proteolytických bakterií – celkové hodnoty

5.4. Teplota a vlhkost

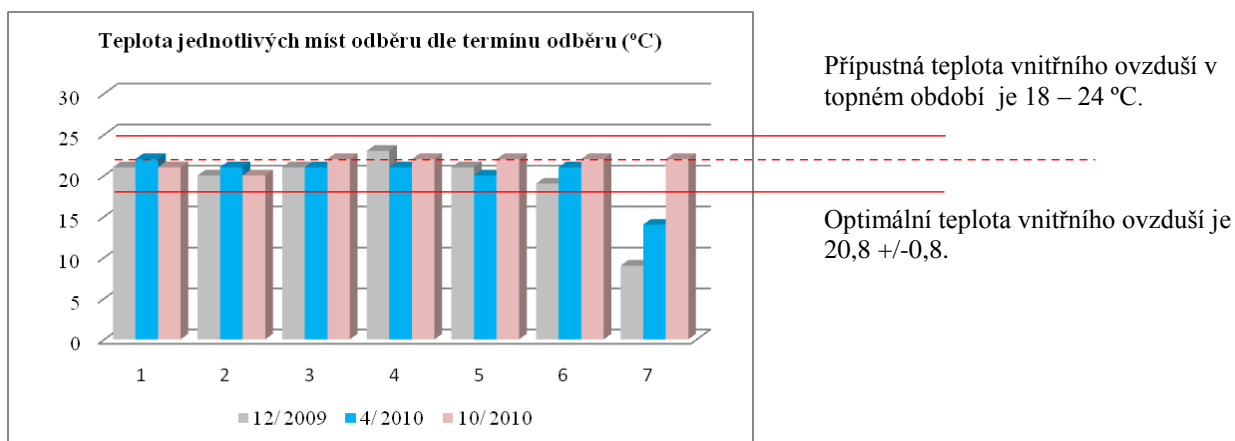
Grafy číslo 9 a 10 ukazují naměřené hodnoty teploty a relativní vlhkosti vnitřního ovzduší po jednotlivých místech odběru a termínech odběru.

Z grafu č. 9 je patrné, že relativní vlhkost nepřekročila přípustnou hranici doporučených hodnot v topném období (Jokl, 2002) ani v jednom případě. Na všech odběrových místech a u všech odběrových termínů se vlhkost pohybovala v rozmezí optimální relativní vlhkosti doporučené pro topnou sezónu, tj. v rozmezí od 30 do 55 % (Jokl, 2002).



Graf č. 9: Vlhkost jednotlivých míst odběru dle termínu odběru

Teplota se téměř u všech měření pohybovala v přípustném rozmezí doporučeném pro vnitřní ovzduší v topném období (Jokl, 2002). Jedinou výjimkou byly hodnoty naměřené v odběrovém místě číslo 7 během prvních dvou měření. Příčinou bylo nepoužívání objektu v době měření – jedná se o rekreační dům.



Graf č. 10: Teplota jednotlivých míst odběru dle termínu odběru

5.4.1. Závislost na teplotě a vlhkosti

V rámci statistického vyhodnocení dat byla zjišťována závislost výskytu sledovaných skupin mikroorganismů na vlhkosti a teplotě. Pro zjištění těsnosti (síly) závislosti proměnných byla použita lineární regresní funkce a koeficient korelace, který lze též definovat jako geometrický průměr z hodnot regresních koeficientů sdružených regresních přímek.

Nejdříve byl proveden výpočet parametrů a , b lineární regresní rovnice typu $y' = a + bx$, kde b je regresní koeficient a a je absolutní člen lineární regresní funkce. Následně byl proveden výpočet koeficientu korelace $r_{yx} = r_{xy}$ resp. koeficientu determinace $r_{yx}^2 = r_{xy}^2$, kdy v indexu je na prvním místě uváděna proměnná považovaná za závisle proměnnou (Brabenec a kol., 2006):

$$r_{yx} = r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \cdot [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}$$

Koeficient korelace může nabývat hodnotu od -1 do +1 přičemž podle jeho absolutní hodnoty volíme těsnost (sílu) závislosti a podle znaménka směr průběhu závislosti. Čím blíže je absolutní hodnota korelačního koeficientu k hodnotě 1, tím je závislost těsnější, kdežto čím je

absolutní hodnota korelačního koeficientu blíže k hodnotě 0, tím je závislost slabší (volnější). Při znaménku + koeficientu korelace se jedná o závislost lineárně rostoucí a při znaménku - jde o závislost lineárně klesající (Brabenec a kol., 2006).

Pro každé místo odběru byla vypracována tabulka s vypočítaným korelačním koeficientem vztahujícím se k vlhkosti a k teplotě viz tabulky č. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Těsná závislost byla prokázána mezi vlhkostí a mikroskopickými vláknitými houbami, kvasinkami i bakteriemi, kdy se absolutní hodnoty korelačního koeficientu pohybovaly v rozmezí od 0,84 do 1,0.

Závislost mezi teplotou a sledovanými skupinami mikroorganismů nebyla tak jednoznačná, jako tomu bylo u vlhkosti. Byla prokázána závislost mezi teplotou a mikroskopickými houbami u všech odběrových míst. Co se týká kvasinek, tak byla prokázána závislost na teplotě u čtyř odběrových míst ze sedmi a stejně tak tomu bylo i u proteolytických bakterií. U odběrových míst č. 3 a 6 nebyla prokázána závislost jak mezi teplotou a kvasinkami tak mezi teplotou a proteolytickými bakteriemi. Pouze u odběrových míst č. 1 a 7 se ve vztahu mezi teplotou a všemi skupinami sledovaných mikroorganismů jedná o závislost lineárně klesající a v případě vztahu mezi vlhkostí a všemi skupinami sledovaných mikroorganismů se jedná o závislost lineárně stoupající.

n = 3 1-HB	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
Mikromycety	1237	90	77	467,78	1403	-566,67	12 556,67	-0,49	-158,53	18 845,07	0,85
Kvasinky	270	3	10	94,44	283	-136,67	3 010,00	-0,52	-33,07	4 321,96	0,84
Proteolytické bakterie	1880	233	240	784,44	2353	-826,67	18 420,00	-0,50	-259,92	28 730,31	0,86
Teplota (°C)	21	22	21	21,33	64						
VLHKOST (%)	43	34	42	39,67	119						

Tab. č. 14: Korelační koeficient - odběrové místo č. 1

n = 3 2-NS	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
Mikromycety	283	903	867	684,44	2053	328,33	-6 320,00	0,54	-176,46	679,78	0,98
Kvasinky	183	67	63	104,44	313	-56,67	1 313,33	-0,48	-32,05	2 584,54	0,90
Proteolytické bakterie	4853	8063	5400	6105,56	18317	2 936,67	-56 543,33	0,99	-1 573,77	5 883,06	0,98
Teplota (°C)	20	21	20	20,33	61						
VLHKOST (%)	44	40	49	44,33	133						

Tab. č. 15: Korelační koeficient - odběrové místo č. 2

Tabulka č. 16 ukazuje, že u odběrového místa č. 3 nebyla prokázána závislost mezi proteolytickými bakteriemi, kvasinkami a teplotou, ale byla prokázána mezi teplotou a vláknitými houbami. Na druhou stranu byla prokázána těsná závislost mezi vlhkostí a všemi třemi sledovanými skupinami mikroorganismů. Porovnáme-li tyto výsledky s odběrovým místem č. 4 (viz tab. č. 17), tak zjistíme, že síla závislosti je podobná. Výjimkou je těsná závislost mezi teplotou a proteolytickými bakteriemi u odběrového místa č. 4.

n = 3	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
3-HO											
Mikromycety	307	333	307	315,56	947	26,67	-253,33	1,00	-87,34	3 211,01	0,95
Kvasinky	57	83	113	84,44	253	-1,67	120,00	-0,03	-23,79	1 063,82	0,94
Proteolytické bakterie	1437	1223	837	1165,56	3497	86,67	-683,33	0,16	-323,16	12 135,28	0,95
Teplota (°C)	21	21	22	21,33	64						
VLHKOST (%)	47	35	46	42,67	128						

Tab. č. 16: Korelační koeficient - odběrové místo č. 3

n = 3	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
4-VD											
Mikromycety	83	737	163	327,78	983	613,33	-12 756,67	0,99	-62,64	-10 271,92	0,90
Kvasinky	333	250	237	273,33	820	-35,00	1 020,00	-0,39	-78,44	4 131,30	0,93
Proteolytické bakterie	1370	1225	1317	1303,78	3911	-118,67	3 835,33	-0,93	-371,82	18 584,15	0,94
Teplota (°C)	23	21	22	22,00	66						
VLHKOST (%)	43	35	39	39,00	117						

Tab. č. 17 Korelační koeficient - odběrové místo č. 4

Při porovnání odběrových míst č. 5 a č. 6 zjistíme, že u odběrového místa č. 5 byla prokázána větší závislost mezi kvasinkami, vláknitými houbami a teplotou než u odběrového místa č. 6. Velký rozdíl u těchto dvou odběrových míst v síle závislosti je zejména mezi proteolytickými bakteriemi a teplotou. Ostatní hodnoty korelačního koeficientu se u obou odběrových míst poměrně shodují.

n = 3	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
5-ŠM											
Mikromycety	120	773	423	438,89	1317	501,67	-10 263,33	0,89	-99,20	-6 328,51	1,00
Kvasinky	347	307	313	322,22	967	-23,33	820,00	-0,63	-91,61	4 453,70	0,94
Proteolytické bakterie	2917	1543	2107	2188,89	6567	-968,33	22 846,67	-0,81	-661,11	49 070,89	0,91
Teplota (°C)	21	20	22	21,00	63						
VLHKOST (%)	51	40	45	45,33	136						

Tab. č. 18: Korelační koeficient - odběrové místo č. 5

n = 3	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
6-ŠJ											
Mikromycety	193	310	280	261,11	783	73,33	-1 303,33	0,70	-69,81	1 465,79	0,97
Kvasinky	167	170	190	175,56	527	-8,33	353,33	-0,38	-49,70	2 324,74	0,94
Proteolytické bakterie	2865	1810	1371	2015,33	6046	-308,00	8 586,00	-0,23	-580,72	31 621,10	0,93
Teplota (°C)	19	21	22	20,67	62						
VLHKOST (%)	53	37	42	44,00	132						

Tab. č. 19: Korelační koeficient - odběrové místo č. 6

U odběrového místa č. 7 byla prokázána těsná závislost mezi teplotou, vlhkostí a všemi třemi skupinami sledovaných mikroorganismů. Jedinou výjimkou, kde závislost prokázána nebyla, je vztah mezi teplotou a proteolytickými bakteriemi.

n = 3	Termín odběru			Mezivýsledky		Teplota			Vlhkost		
	12/2009	4/2010	10/2010	Průměr	Suma	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.	Hodnota lin b	Hodnota lin a	Kor. koef.
7-VL											
Mikromycety	1543	273	937	917,67	2753	-967,00	21 547,00	-0,88	-304,06	33 608,20	0,86
Kvasinky	20	3	7	10,00	30	-10,50	234,00	-0,68	-3,31	365,36	0,86
Proteolytické bakterie	1057	977	923	985,67	2957	-13,00	1 263,00	-0,11	-277,42	12 267,33	0,94
Teplota (°C)	9	14	22	15,00	45						
VLHKOST (%)	45	34	41	40,00	120						

Tab. č. 20: Korelační koeficient - odběrové místo č. 7

5.5. Průměrné mikrobiální zatížení – jednotlivé mikroorganismy

V této kapitole je graficky vyjádřen stav průměrného zatížení po jednotlivých mikroorganismech jednotlivých odběrových míst. Jsou zde porovnávána vždy dvě vybraná odběrová místa. Detailní popis odběrových míst, viz kapitola 4.3 – Volba / vytipování odběrových míst a tabulka č. 10 – Základní specifikace jednotlivých objektů vybraných pro odběr vzorků.

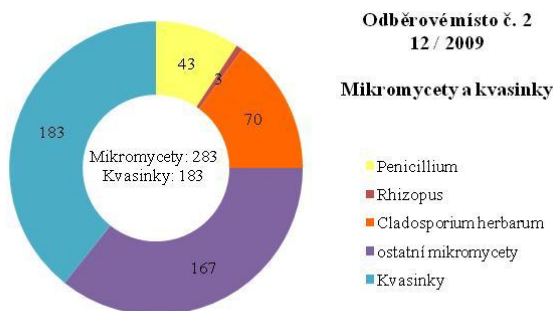
Grafy ukazují průměrné počty sledovaných mikroorganismů naměřené při jednotlivých odběrech. Tyto průměry jsou vypočítány vždy ze tří kontrolních odběrů, které byly udělány během každého termínu odběru, na každém odběrovém místě. Uvnitř grafů jsou uvedeny zprůměrované celkové počty naměřených skupin sledovaných mikroorganismů.

5.5.1. Porovnání odběrového místa číslo 1 a 2

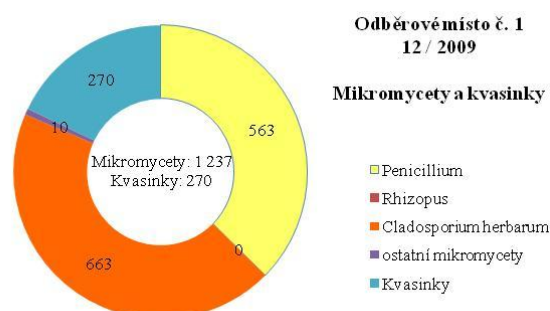
Z grafů číslo 11- 22 je zřejmé, že odběrové místo číslo jedna vykazuje ve většině případů celkově nižší počty vyskytujících se sledovaných skupin mikroorganismů oproti místu číslo 2. Výjimkou je první měření, prosinec 2009, kdy byly na místě číslo 1 naměřeny podstatně vyšší hodnoty mikroskopických vláknitých hub. U odběrového místa č. 1, u všech třech termínů odběru, činil výskyt rodů *Penicillium* a *Cladosporium* více jak 2/3 z celkového počtu mikroskopických vláknitých hub. Naopak kvasinky vykazovaly během jednotlivých termínů odběru velice variabilní naměřené hodnoty.

U odběrového místa č. 2 byly hodnoty kvasinek a mikroskopických vláknitých hub ve druhém a třetím termínu odběru podobné, ale v porovnání s prvním termínem odběru byly naměřené hodnoty velice odlišné. V průměru se hodnoty kvasinek a vláknitých hub v prvním měření lišily, oproti průměrným hodnotám naměřeným ve druhém a třetím termínu odběru, o 205 KTJ. m⁻³.

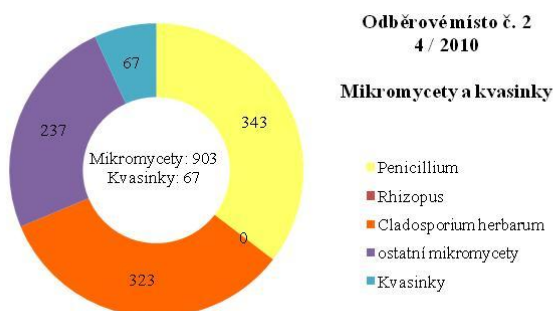
Naměřené počty proteolytických bakterií byly u odběrového místa č. 2 ve všech třech termínech odběru podstatně vyšší než u odběrového místa číslo 1. V průměrných hodnotách byly vyšší více jak šestkrát. Podíváme-li se však na grafy č. 3, 4 a 5, tak zjistíme, že hodnoty proteolytických bakterií u odběrového místa č. 2 byly zároveň i nejvyšší ze všech naměřených hodnot na všech odběrových místech a téměř ve všech termínech odběru. Co se týká průměrných hodnot rodu *Bacillus*, tak ten byl na odběrovém místě č. 2, oproti odběrovému místu č. 1, čtyřikrát vyšší a u rodu *Mycrococcus* byl více jak šestkrát vyšší.



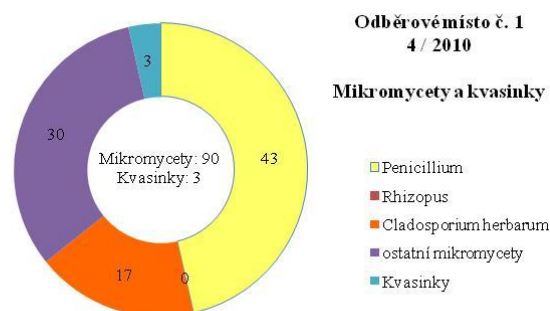
Graf č. 11: Odběrové místo č. 2, 12/2009 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



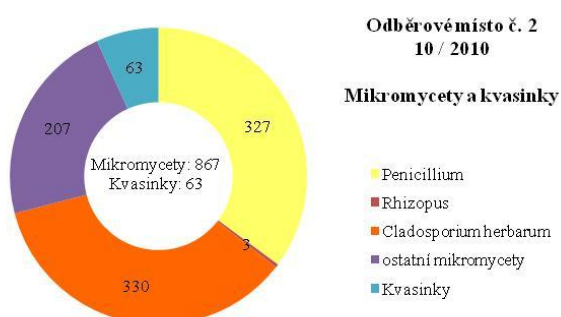
Graf č. 12: Odběrové místo č. 1, 12/2009 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



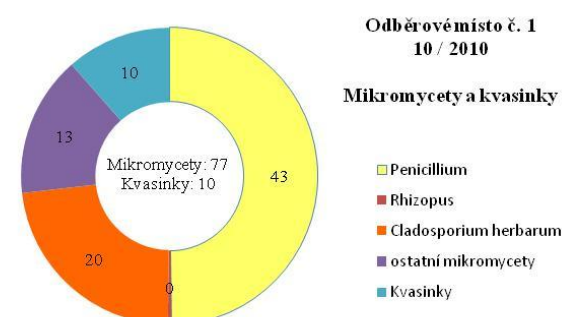
Graf č. 13: Odběrové místo č. 2, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



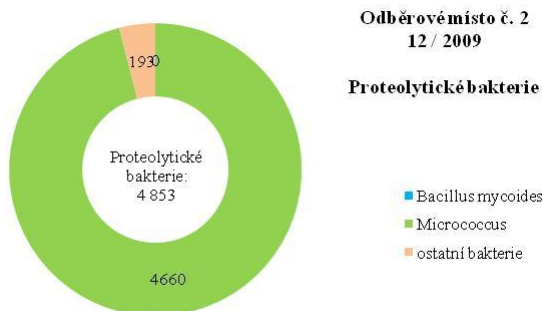
Graf č. 14: Odběrové místo č. 1, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



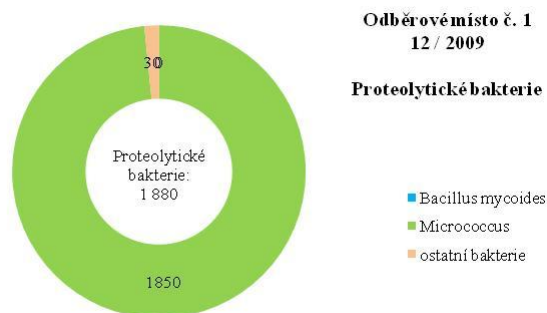
Graf č. 15: Odběrové místo č. 2, 10/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



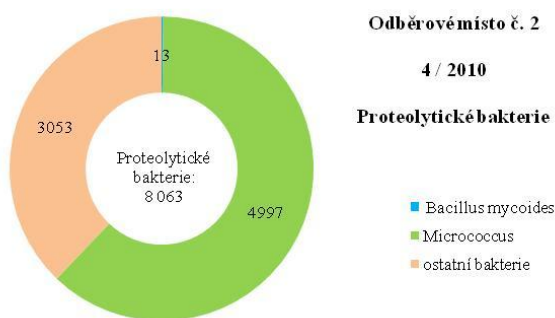
Graf č. 16: Odběrové místo č. 1, 10/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



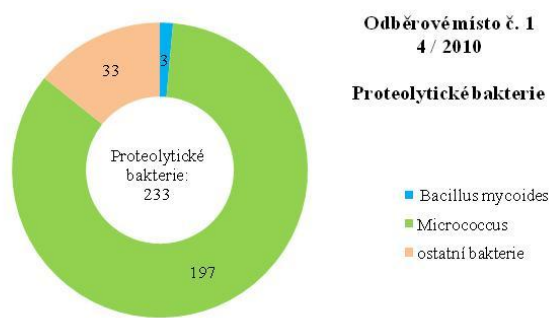
Graf č. 17: Odběrové místo č. 2, 12/2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) – průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



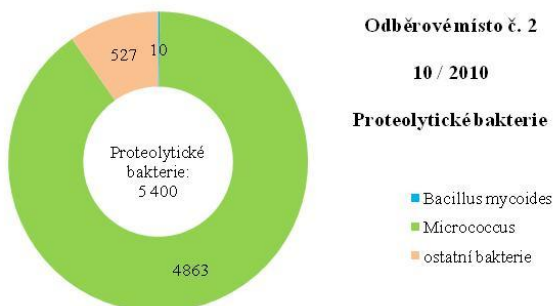
Graf č. 18: Odběrové místo č. 1, 12/2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



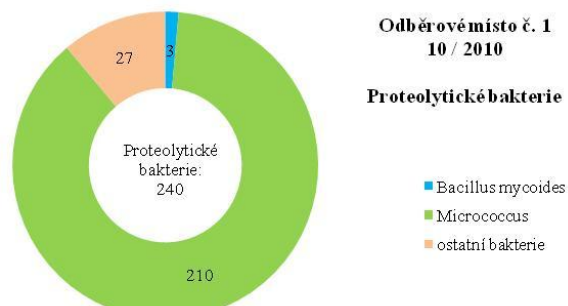
Graf č. 19: Odběrové místo č. 2, 4/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 20: Odběrové místo č. 1, 4/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 21: Odběrové místo č. 2, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 22: Odběrové místo č. 1, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

Tabulka č. 21 ukazuje průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u místa číslo č. 1 a č. 2. Červeným písmem jsou označeny ty hodnoty, které překračují hygienické limity pro pobytové místnosti, stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví číslo 6/2003Sb., tj. 500 KTJ. m⁻³ a to jak u mikroskopických vláknitých hub, tak i u bakterií. V zeleném poli jsou hodnoty, které se dle EU pohybují v kategorii vysokého znečištění vnitřního ovzduší spóry plísní a bakteriemi (Jokl, 2002).

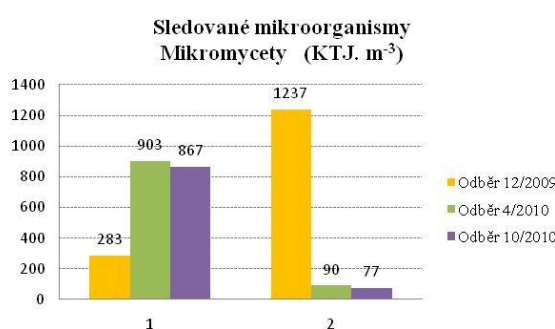
Sledované mikroorganismy (KTJ. m ⁻³)		Odběrové místo	
		2 - NS	1 - HB
Odběr 12/2009	Vláknité houby	283	1237
	Kvasinky	183	270
	Proteolytické bakterie	4853	1880
Odběr 4/2010	Vláknité houby	903	90
	Kvasinky	67	3
	Proteolytické bakterie	8063	233
Odběr 10/2010	Vláknité houby	867	77
	Kvasinky	63	10
	Proteolytické bakterie	5400	240

Tab. č. 21: Porovnání odběrového místa č. 1 a 2 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů

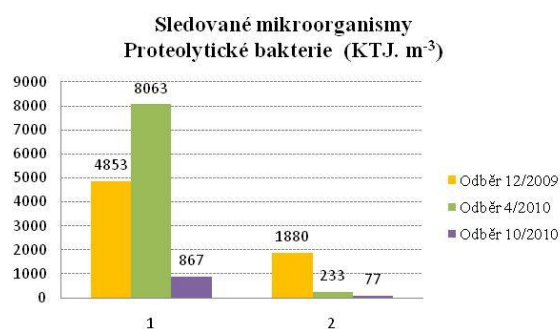
Z výše uvedené tabulky č. 21 je zřejmé, že hodnoty odběrového místa č. 1 překročily limity vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ve dvou případech, a to pouze u prvního termínu měření v prosinci 2009. Limity EU byly překročeny pouze v jednom případě, a to u mikroskopických vláknitých hub během prvního měření.

U druhého odběrového místa byly překročeny limity vyhlášky Ministerstva zdravotnictví téměř při všech měřeních s výjimkou mikroskopických vláknitých hub při prvním měření, prosinec 2009. Limity EU byly překročeny ve třech případech a to vždy u proteolytických bakterií.

Grafy č. 23 a 24 ukazují průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u místa č. 1 a č. 2, které vycházejí z tabulky č. 21. U místa č. 1 je vidět velké kolísání naměřených hodnot mezi jednotlivými termíny odběru, a to jak u vláknitých hub, tak u proteolytických bakterií. Nejmarkantnější rozdíl je patrný mezi prvním termínem odběru a dalšími dvěma termíny odběry vzorků. Odběrové místo č. 2 vykazuje také poměrně velké kolísání naměřených hodnot a to zejména u vláknitých hub mezi prvním termínem odběru, dalšími dvěma odběry a také u proteolytických bakterií, kdy rozdíly naměřených hodnot jsou mezi jednotlivými termíny odběru velice výrazné.



Graf č. 23: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 1 a 2 za všechny tři termíny odběrů vzorků



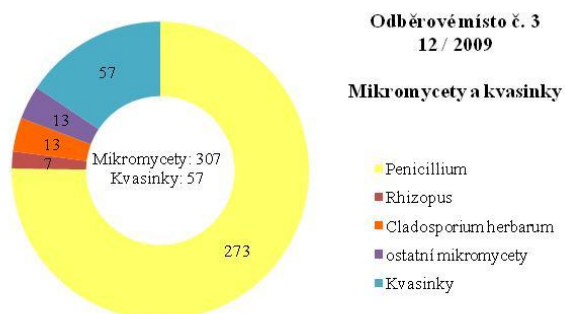
Graf č. 24: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 1 a 2 za všechny tři termíny odběrů vzorků

5.5.2. Porovnání odběrového místa číslo 3 a 4

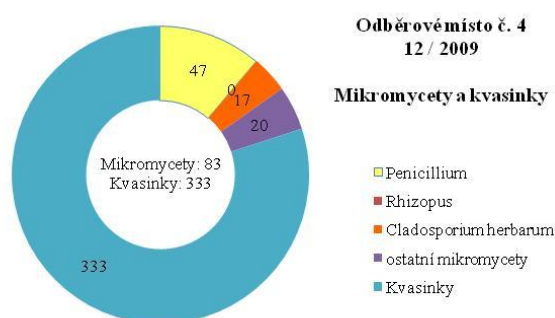
Odběrová místa č. 3 a 4 vykazují neporovnatelně nižší naměřené hodnoty, než jaké byly naměřeny u předešlých dvou odběrových míst č. 1 a 2, ale i přesto nesplňují limity pro pobytové místnosti v počtech proteolytických bakterií, které jsou stanovené Vyhláškou č. 6/2003Sb. Nicméně s ohledem na kategorie znečištění vnitřního ovzduší bakteriemi dle EU (Jokl, 2002) stále ještě spadají obě odběrová místa do kategorie středního a tudíž přípustného znečištění.

Z níže uvedených grafů č. 25 – 36 a z tabulek č. 11 – 13 je možno zjistit, že u odběrového místa č. 3, oproti odběrovému místu č. 4, byly naměřeny průměrně čtyřikrát nižší hodnoty kvasinek a skoro dvakrát nižší hodnoty rodu *Cladosporium*, ale na druhou stranu bylo naměřeno 1,5x více kolonií rodu *Penicillium*. Proteolytické bakterie vykazovaly u obou

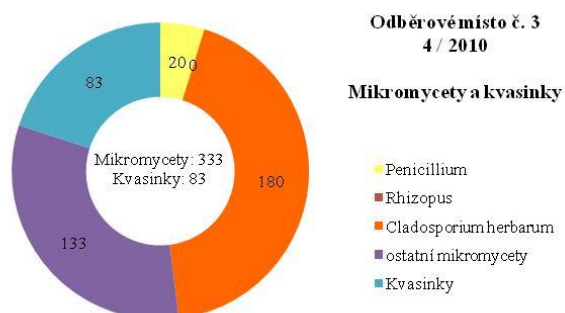
odběrových míst velice podobné průměrné hodnoty. Mezi celkovými průměrnými hodnotami u míst odběru č. 3 a 4 nebyl prokázán statisticky významný rozdíl u rodu *Micrococcus* ani u rodu *Bacillus*. Z grafů č. 3, 4 a 5 je zřejmé, že v porovnání s ostatními odběrovými místy (č. 1, 2, 5, 6 a 7), byly hodnoty proteolytických bakterií naměřené na odběrových místech č. 3 a č. 4 jedny z nejnižších, a to ve všech třech termínech odběru.



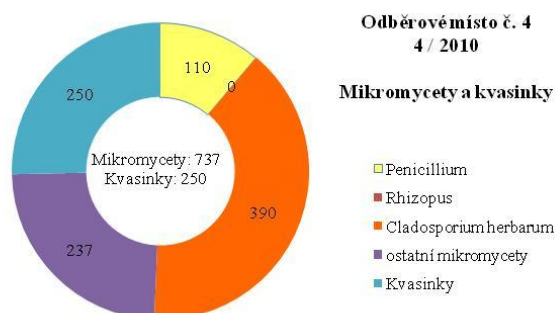
Graf č. 25: Odběrové místo č. 3, 12/2009 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



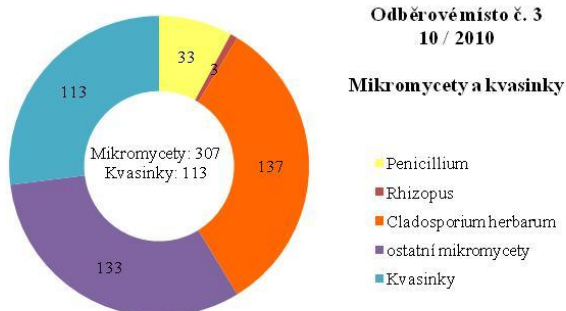
Graf č. 26: Odběrové místo č. 4, 12/2009 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



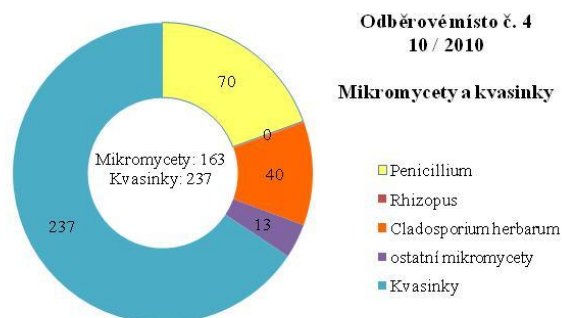
Graf č. 27: Odběrové místo č. 3, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



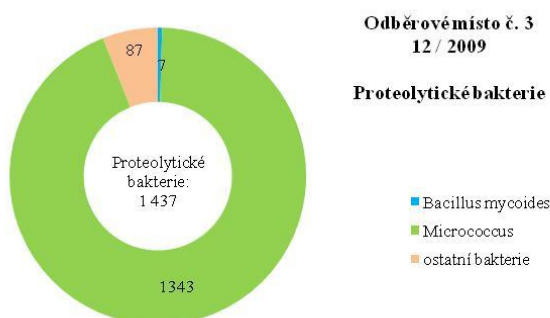
Graf č. 28: Odběrové místo č. 4, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



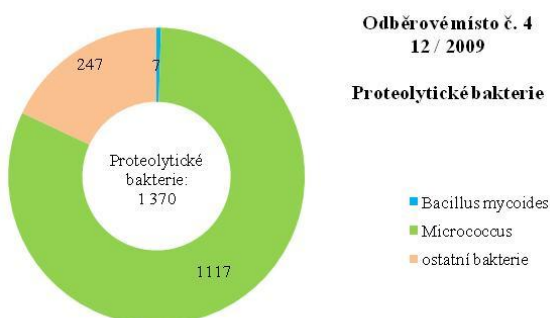
Graf č. 29: Odběrové místo č. 3, 10/ 2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



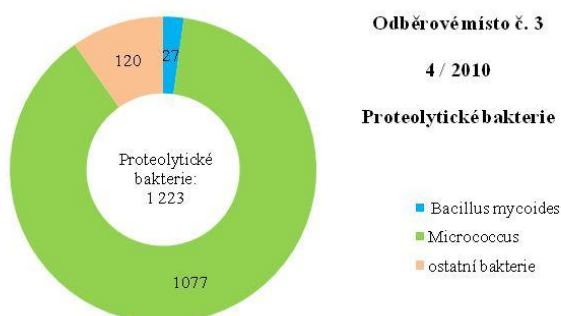
Graf č. 30: Odběrové místo č. 4, 10/ 2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



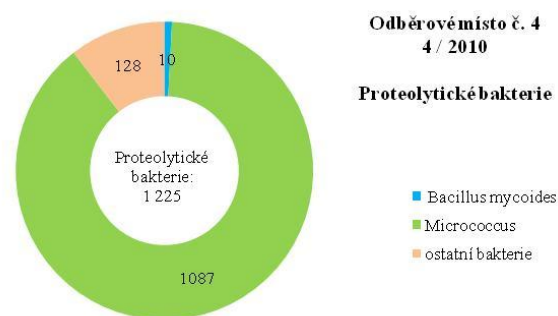
Graf č. 31: Odběrové místo č. 3, 12/ 2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



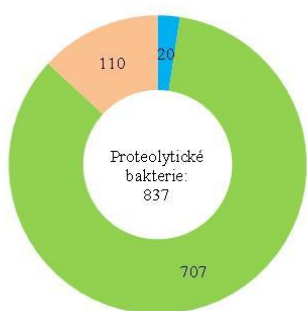
Graf č. 32: Odběrové místo č. 4, 12/ 2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 33: Odběrové místo č. 3, 4/ 2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



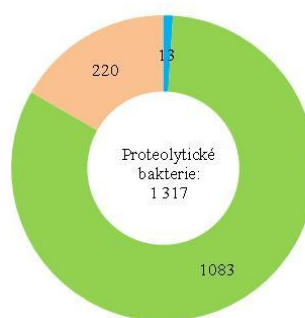
Graf č. 34: Odběrové místo č. 4, 4/ 2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Odběrové místo č. 3
10 / 2010

Proteolytické bakterie

■ Bacillus mycoides
■ Micrococcus
■ ostatní bakterie



Odběrové místo č. 4
10 / 2010

Proteolytické bakterie

■ Bacillus mycoides
■ Micrococcus
■ ostatní bakterie

Graf č. 35: Odběrové místo č. 3, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

Graf č. 36: Odběrové místo č. 4, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

Tabulka 22 ukazuje průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u místa č. 3 a č. 4. Červeným písmem jsou označeny ty hodnoty, které překračují hygienické limity pro pobytové místnosti, stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví číslo 6/2003Sb., tj. 500 KTJ. m⁻³, a to jak u mikroskopických vláknitých hub, tak i u bakterií. V zeleném poli jsou ty hodnoty, které se dle EU pohybují v kategorii vysokého znečištění vnitřního ovzduší spórami plísní a bakteriemi (Jokl, 2002).

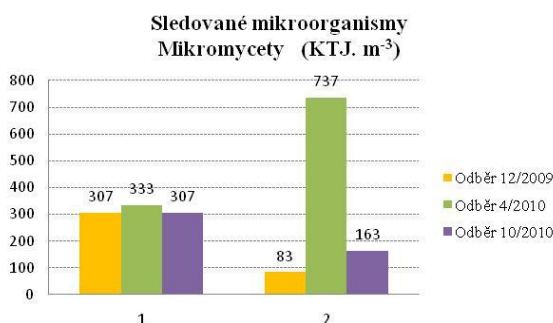
Sledované mikroorganismy (KTJ. m ⁻³)		Odběrové místo	
		3 - HO	4 - VD
Odběr 12/2009	Vláknité houby	307	83
	Kvasinky	57	333
	Proteolytické bakterie	1437	1370
Odběr 4/2010	Vláknité houby	333	737
	Kvasinky	83	250
	Proteolytické bakterie	1223	1225
Odběr 10/2010	Vláknité houby	307	163
	Kvasinky	113	237
	Proteolytické bakterie	837	1317

Tab. č. 22: Porovnání odběrového místa č. 3 a 4 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů

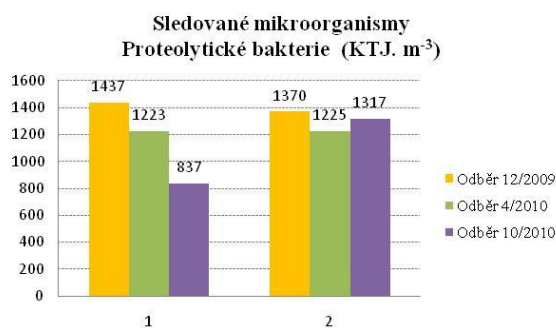
Z tabulky č. 22 vyplývá, že obě odběrová místa překročila hygienické limity výskytu bakterií, které jsou stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví a to ve všech třech odběrových termínech. Dále byl jednou překročen limit pro výskyt vláknitých hub, a to u odběrového místa č. 4, kdy hodnota byla naměřena během druhého termínu odběru vzorků, duben 2010.

U odběrových míst č. 3 a 4 nebyl ani v jednom termínu odběru překročen limit kategorie vysokého znečištění vnitřního ovzduší domácností stanovený EU (Jokl, 2002) a to ani u mikroskopických vláknitých hub ani u bakterií.

Grafy č. 37 a 38 ukazují průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u třetího a čtvrtého místa odběru, vycházejí z tabulky číslo 22. Na první pohled je patrné, že zatímco naměřené hodnoty vláknitých hub u odběrového místa č. 3 jsou vyrovnané, tak u místa č. 4 hodnoty značně kolísají a to zejména při druhém odběrovém termínu. Opakem jsou pak počty proteolytických bakterií, kdy hodnoty u odběrového místa č. 4 jsou poměrně vyrovnané a u místa č. 3 kolísají v rozmezí 837 – 1437 KTJ. m⁻³, kdy největší rozdíl je mezi prvním a třetím termínem odběru.



Graf č. 37: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků



Graf č. 38: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků

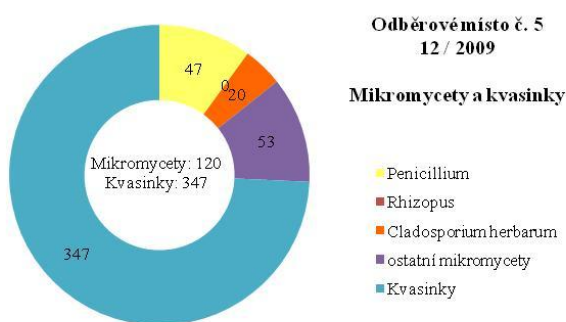
5.5.3. Porovnání odběrového místa číslo 5 a 6

Z grafů č. 3 – 5 a 39 – 50 je vidět, že odběrová místa č. 5 a 6 vykazují téměř nejvyšší celkové průměrné počty kvasinek a proteolytických bakterií ze všech odběrových míst, viz grafy č. 3, 4, 5. U kvasinek jsou tyto počty nejmarkantnější ve druhém a třetím termínu odběru a u proteolytických bakterií je to hlavně při prvním odběru v prosinci 2009.

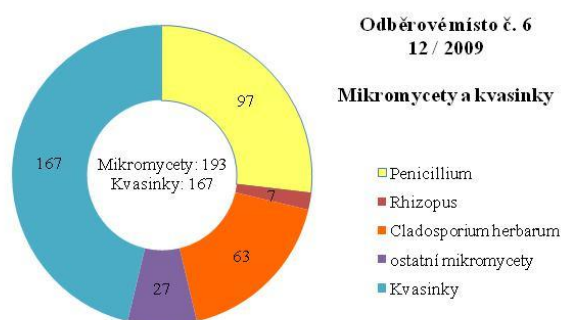
U odběrového místa č. 5, v porovnání s odběrovým místem č. 6, byly naměřeny podstatně vyšší hodnoty u vláknitých hub a kvasinek. Celkové průměrné počty vláknitých hub i kvasinek byly více než 1,5x vyšší. Odběrové místo č. 5 vykazovalo vyšší průměrné hodnoty u rodů *Penicillium*.

U odběrového místa č. 5 byly naměřeny, oproti místu č. 6, vyšší počty KTJ. m^{-3} u rodu *Cladosporium* a *Rhizopus*. Stejně tak průměrné počty kvasinek byly u odběrového místa č. 6 podstatně vyšší. Rod *Rhizopus* byl nejméně často se vyskytujícím rodem mikroskopických vláknitých hub u všech odběrových míst a právě u místa číslo 6 byly jeho průměrné počty ze všech odběrových míst nejvyšší. Oproti ostatním odběrovým místům byly jeho průměrné počty za všechny tři termíny měření až osmkrát vyšší.

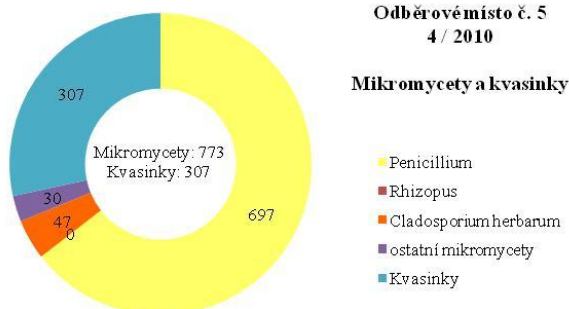
U proteolytických bakterií nebyl mezi celkovými průměrnými hodnotami odběrových míst č. 5 a č. 6 prokázán statisticky významný rozdíl. Stejně tak průměrné počty KTJ. m^{-3} rodu *Micrococcus* se u obou míst významně nelišily. Co se týká průměrných počtů *Bacillus mycoides*, tak ty byly u odběrového místa č. 6 více než 2,5x vyšší než u odběrového místa č. 5.



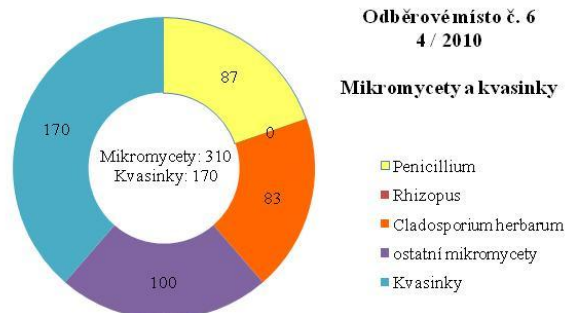
Graf č. 39: Odběrové místo č. 5, 12/2009 - Vlákňité houby a kvasinky (KTJ/ m^3) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



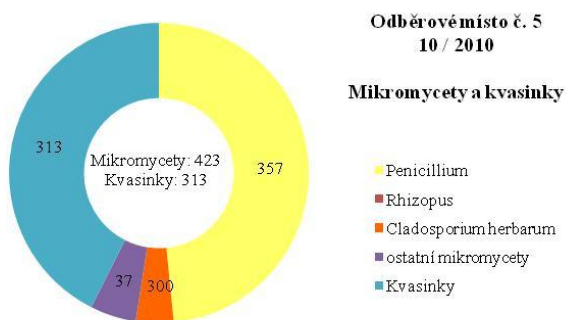
Graf č. 40: Odběrové místo č. 6, 12/2009 - Vlákňité houby a kvasinky (KTJ/ m^3) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



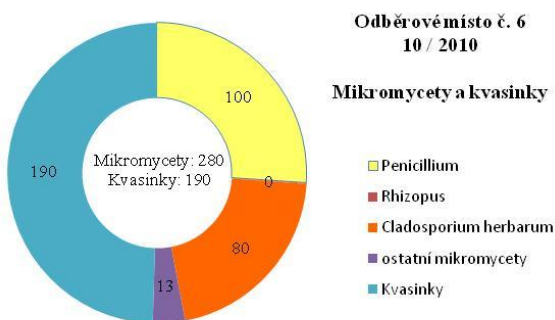
Graf č. 41: Odběrové místo č. 5, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



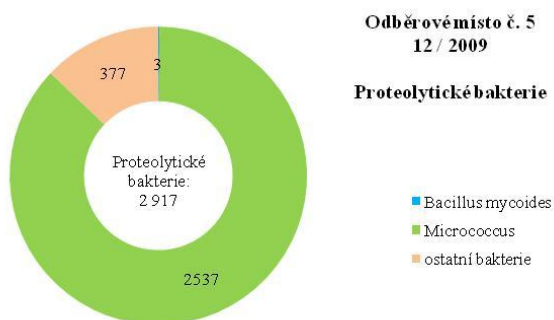
Graf č. 42: Odběrové místo č. 6, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



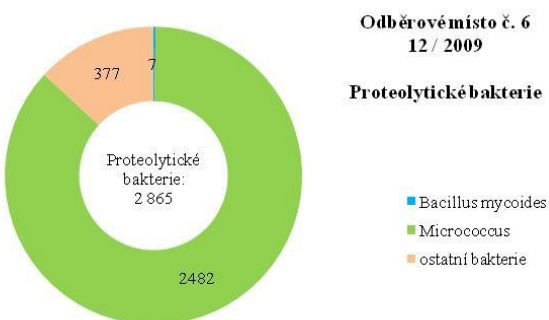
Graf č. 43: Odběrové místo č. 5, 10/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



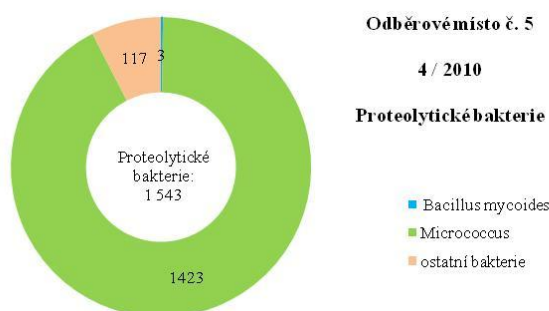
Graf č. 44: Odběrové místo č. 6, 10/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



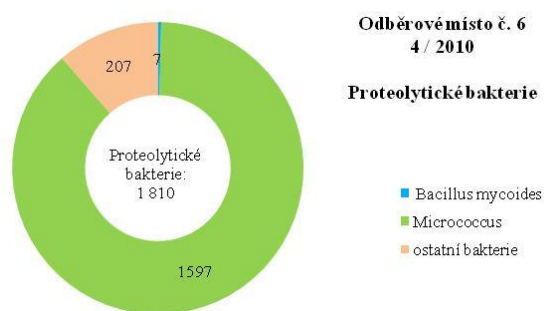
Graf č. 45: Odběrové místo č. 5, 12/2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



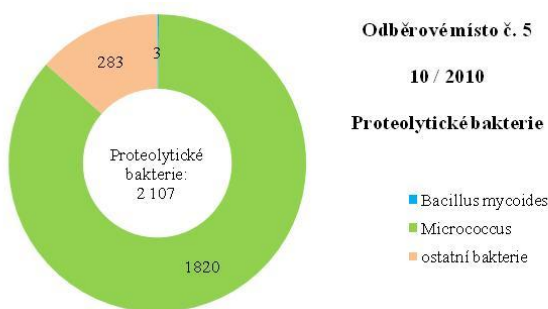
Graf č. 46: Odběrové místo č. 6, 12/2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



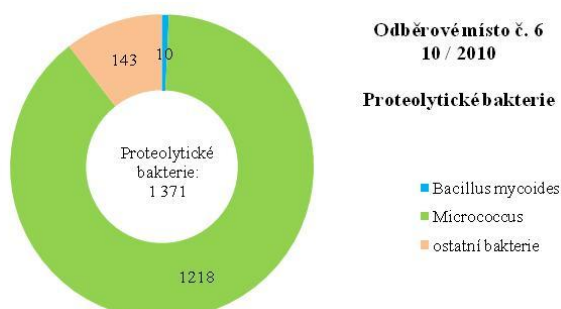
Graf č. 47: Odběrové místo č. 5, 4/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 48: Odběrové místo č. 6, 4/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 49: Odběrové místo č. 5, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 50: Odběrové místo č. 6, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

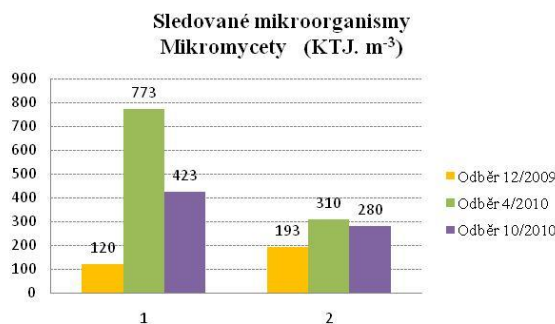
Tabulka č. 23 ukazuje průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u místa č. 5 a č. 6. Červeným písmem jsou označeny ty hodnoty, které překračují hygienické limity pro pobytové místnosti, stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví číslo 6/2003Sb., tj. 500 KTJ. m⁻³, a to jak u mikroskopických vláknitých hub, tak i u bakterií. V zeleném poli jsou ty hodnoty, které se dle EU pohybují v kategorii vysokého znečištění vnitřního ovzduší spórami plísní a bakteriemi (Jokl, 2002).

Obě odběrová místa (č. 5 a 6) překročila hygienické limity, dle Vyhlášky 6/2003 Sb., v počtu proteolytických bakterií, a to u všech třech měření. Odběrové místo č. 5 překročilo tento limit i u vláknitých hub při druhém termínu odběru. Hodnoty proteolytických bakterií naměřené během prvního odběru u obou odběrových míst se také zároveň pohybují v kategorii vysokého znečištění dle směrnice EU (Jokl, 2002).

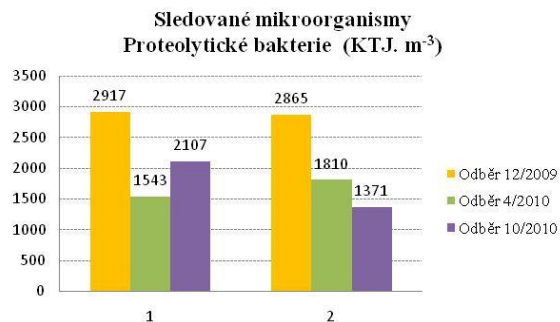
Sledované mikroorganismy (KTJ. m ⁻³)		Odběrové místo	
		5 - ŠM	6 - ŠJ
Odběr 12/2009	Vláknité houby	120	193
	Kvasinky	347	167
	Proteolytické bakterie	2917	2865
Odběr 4/2010	Vláknité houby	773	310
	Kvasinky	307	170
	Proteolytické bakterie	1543	1810
Odběr 10/2010	Vláknité houby	423	280
	Kvasinky	313	190
	Proteolytické bakterie	2107	1371

Tab. č. 23: Porovnání odběrového místa č. 5 a 6 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů

Grafy č. 51 a 52 ukazují průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u pátého a šestého místa odběru a vycházejí z tabulky číslo 23. Na první pohled je patrné, že celkové průměrné počty vláknitých hub v prvním termínu měření jsou u obou odběrových míst výrazně nižší než u ostatních dvou termínů odběru a že absolutně nejvyšší byly u odběrového místa č. 6 v dubnu 2010. Naopak průměrné počty proteolytických bakterií byly u obou odběrových míst nejvyšší právě během prvního termínu odběru.



Graf č. 51: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků

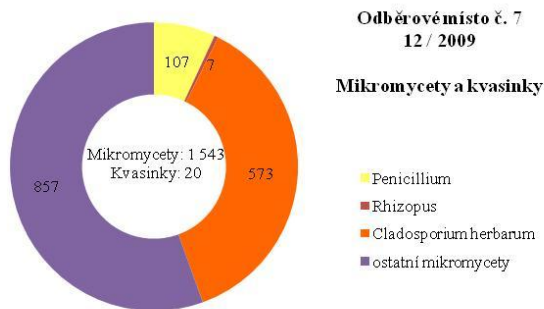


Graf č. 52: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků

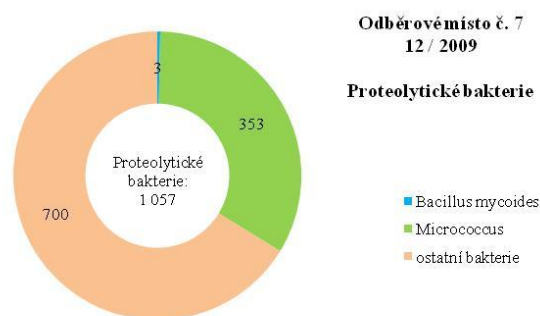
5.5.4. Vyhodnocení odběrového místa číslo 7 – VL

V porovnání s ostatními odběrovými místy ukazují grafy č. 3 – 5 nejvyšší zprůměrované počty mikroskopických vláknitých hub a proteolytických bakterií na odběrovém místě č. 7 v průběhu třetího termínu odběru. Stejně tak během prvního termínu odběru byly na sedmém odběrovém místě naměřeny také nejvyšší hodnoty vláknitých hub. Výskyt proteolytických bakterií byl též druhý nejvyšší během druhého termínu odběru, duben 2010. Naopak naměřené počty kvasinek na odběrovém místě č. 7 byly oproti ostatním odběrovým místům téměř nulové.

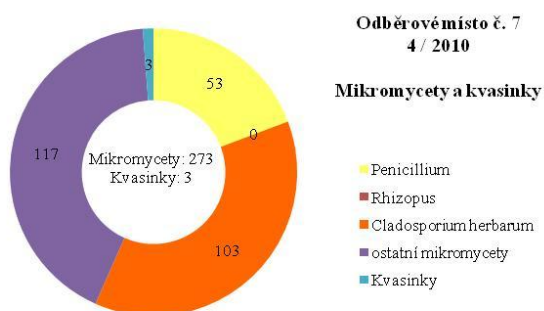
Z grafů č. 53 – 58 můžeme vidět, že na odběrovém místě č. 7 byl zaznamenán nejvyšší výskyt vláknitých hub, kvasinek i proteolytických bakterií během prvního termínu odběru, v prosinci 2009. Ze sledovaných mikroorganismů byl nejvíce zastoupen, v rámci mikroskopických vláknitých hub, *Cladosporium herbarum* následován rodem *Penicillium*. Rod *Rhizopus* se vyskytoval pouze v minimálním počtu, a to pouze během prvního a třetího termínu odběru. Kvasinky se naopak vůbec nevyskytly během druhého termínu odběru, duben 2010, a jejich celkový počet, vzhledem k celkovému počtu vláknitých hub, byl zanedbatelný. *Bacillus mycoides* byl nejméně se vyskytující bakterií v rámci sledovaných bakterií. Naopak počty rodu *Micrococcus* zaujímaly z celkového počtu naměřených bakterií významnou část.



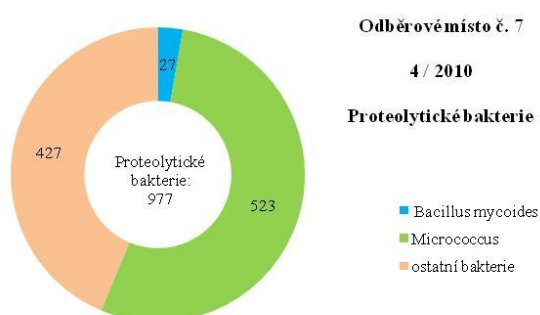
Graf č. 53: Odběrové místo č. 7, 12/2009 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



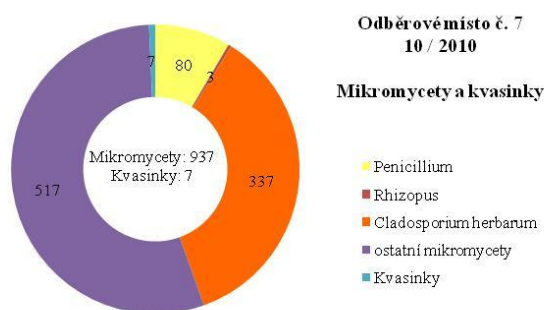
Graf č. 56: Odběrové místo č. 7, 12/2009 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



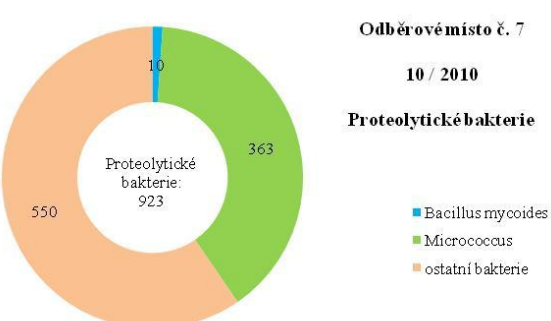
Graf č. 54: Odběrové místo č. 7, 4/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 57: Odběrové místo č. 7, 4/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 55: Odběrové místo č. 7, 10/2010 - Vláknité houby a kvasinky (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech



Graf č. 58: Odběrové místo č. 7, 10/2010 - Proteolytické bakterie (KTJ/m³) - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

Tabulka č. 24 ukazuje průměrné celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů u místa číslo sedm. Červeným písmem jsou označeny ty hodnoty, které překračují hygienické limity pro pobytové místnosti, stanovené vyhláškou Ministerstva zdravotnictví číslo 6/2003Sb., tj. 500 KTJ. m⁻³, a to jak u mikroskopických vláknitých hub, tak i u bakterií. V zeleném poli jsou ty hodnoty, které se dle EU pohybují v kategorii vysokého znečištění vnitřního ovzduší spórami plísní a bakteriemi (Jokl, 2002).

Sledované mikroorganismy (KTJ. m ⁻³)		Odběrové místo
		7 - VL
Odběr 12/2009	Vláknité houby	1543
	Kvasinky	20
	Proteolytické bakterie	1057
Odběr 4/2010	Vláknité houby	273
	Kvasinky	3
	Proteolytické bakterie	977
Odběr 10/2010	Vláknité houby	937
	Kvasinky	7
	Proteolytické bakterie	923

Tab. č. 24: Porovnání odběrového místa č. 7 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů

Odběrové místo č. 7 překročilo hygienické limity, dle Vyhlášky 6/2003 Sb., u proteolytických bakterií u všech třech termínů odběru a u mikroskopických vláknitých hub byl tento limit překročen během prvního a třetího termínu odběru.

Během prvního termínu odběru byly zároveň překročeny u mikroskopických vláknitých hub i hodnoty stanovené normou EU (Jokl, 2002).

5.6. Testovací statistiky

K otestování průměrných dat naměřených na jednotlivých odběrových místech byl použit test hypotézy o shodě dvou průměrů (t - test). Aby mohl být proveden t-test muselo být nejdříve pomocí Fisherova F- testu rozhodnuto o shodě dvou výběrových rozptylů pomocí testování hypotézy o shodě dvou rozptylů. Byly uváženy dva nezávislé náhodné výběry vždy po třech odběrech, ze kterých byly vypočteny výběrové rozptyly. Byla otestována nulová hypotéza o shodě dvou rozptylů (základních souborů) oproti alternativní hypotéze neshody.

Pro testování významnosti rozdílu dvou výběrových rozptylů bylo použito Fisherova testu (F-testu) jehož postup a vyhodnocení testovaného kritéria je uveden v tabulce č. 25. Za testovou statistiku se používá veličina:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \quad \text{pro } s_1^2 \geq s_2^2$$

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Nulová hypotéza H_0	Alternativa A	Testové kritérium	Kritický obor K
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$	$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$	$F > F_{\alpha/2(m-1, n-1)}$ $F > F_{\alpha(m-1, n-1)}$

Tab. č. 25: Testy hypotéz pro testování významnosti rozdílu dvou výběrových rozptylů
(Brabenec a kol., 2006)

Na základě výsledků F – testu bylo rozhodnuto o použití Dvouvýběrového t-testu. Pro shodu rozptylů byl použit dvouvýběrový t-test, viz tabulka č. 26.

Nulová hypotéza H_0	Alternativa A	Testové kritérium	Kritický obor K
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$ $\mu_1 > \mu_2$ $\mu_1 < \mu_2$	$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s \cdot \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n}}}$	$ t > t_{\alpha(m+n-2)}$ $t > t_{2\alpha(m+n-2)}$ $t < -t_{2\alpha(m+n-2)}$

Tab. č. 26: T-test, testy hypotéz pro testování při shodě rozptylů (Brabenec a kol., 2006)

Kde $s^2 = \frac{1}{m+n-2} [(m-1)s_1^2 + (n-1)s_2^2]$ je bodový odhad σ^2 , $t_{\alpha(m+n-2)}$ kritická hodnota t rozdělení pro hladinu významnosti α a $m+n-2$ stupňů volnosti.

Na základě výsledků F – testu bylo rozhodnuto o použití Dvouvýběrového t-testu. V případě, že se rozptyly lišily, tak bylo použito dvouvýběrového t-testu, viz tabulka č. 27.

Nulová hypotéza H_0	Alternativa A	Testové kritérium	Kritický obor K
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$ $\mu_1 > \mu_2$ $\mu_1 < \mu_2$	$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}}$	$ t > t_{\alpha}^x$ $t > t_{2\alpha}^x$ $t < -t_{2\alpha}^x$

Tab. č. 27: T-test, testy hypotéz pro testování při rozdílu rozptylů (Brabenec a kol., 2006)

Pro hodnocení výsledků se provádí dopočet t_{α}^x , nahrazující kritickou tabulkovou hodnotu, podle vzorce:

$$t_{\alpha}^x = \frac{t_{\alpha(m-1)} \frac{s_1^2}{m} + t_{\alpha(n-1)} \frac{s_2^2}{n}}{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}$$

ve kterém jsou použity tabulkové hodnoty t_{α} pro $m - 1$ a $n - 1$ stupňů volnosti Studentova rozdělení. Jestliže hodnota testového kritéria t padne do kritického oboru K, zamítáme H_0 a přijímáme A. Jestliže t nenabude hodnoty z kritického oboru, H_0 nezamítáme.

Na základě výše popsaných testování bylo provedeno porovnání jednotlivých odběrových míst, viz tabulky číslo 28, 29, 30, 31 a 32. Jedná se zejména o porovnání vždy dvou míst odběru, která jsou si ve zvolených parametrech nejvíce podobna. Výjimkou je odběrové místo č. 7, pro které nebyl nalezen druhý adekvátní objekt, a tudíž bylo vyhodnocováno jiným způsobem, více viz kapitola 5.6.4.

5.6.1. Porovnání odběrového místa č. 1 a 2

a = 0,05	Rozptyl	F-test	Kritické intervaly		Závěr	Společný rozptyl	t- test	Kritické intervaly	Závěr
			F 0,025	F 0,975					
Temín odběru: 12/ 2009									
Mikromycety									
odběrové místo č. 1	2033,333	0,281	0,0256	39,000	Rozptyly se statisticky neliší	4633,33	17,165	2,776	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky větší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	7233,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 1	700,000	0,018	0,0256	39,000	Rozptyly se statisticky liší	není třeba	0,759	4,303	Střední hodnota z prvního objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	38433,333								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 1	175300,000	1,749	0,0256	39,000	Rozptyly se statisticky neliší	137767	-9,811	2,776	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	100233,333								

Hodnoty kvasinek v 1. a 2. objektu byly v průměru stejné, lišily se od sebe hodnoty mikročetů a proteolytických bakterií. Mikročetům se dařilo lépe v prvním objektu a proteolytickým bakteriím ve druhém objektu, což může být zapříčiněno například lepším odizolováním prvního objektu (zateplení fasády) a tím snížení "dýchání zdíva". Naměřené hodnoty teplot se lišily o 1 stupeň a vlhkost o 1 % což by nemělo výrazně ovlivnit naměřené počty sledovaných skupin mikroorganismů.

Temín odběru: 4/ 2010

Mikromycety									
odběrové místo č. 1	300,00	0,004	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky liší	není třeba	-5,304	4,303	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	70233,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 1	33,333	0,077	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky neliší	233,333	-5,078	2,776	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	433,333								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 1	42244,444	0,002	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky liší	není třeba	-2,926	4,303	Střední hodnota z prvního objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	21434533,333								

Hodnoty proteolytických bakterií byly v průměru stejné, lišily se od sebe hodnoty mikročetů a kvasinek. Mikročetům i kvasinkám se dařilo lépe ve druhém objektu, což může být zapříčiněno odlišným vybavením místností, kdy ve druhém objektu převládá čalouněný nábytek. Důležitou roli může také hrát to, že měřená místnost ve druhém objektu je v přímém spojení s kuchyní, což také mohlo způsobit vyšší vzdušnou vlhkost.

Temín odběru: 10/ 2010

Mikromycety									
odběrové místo č. 1	533,333	0,055	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky neliší	5133,33	-13,504	2,776	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	9733,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 1	100,000	0,429	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky neliší	166,667	-5,0596	2,776	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	233,333								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 1	100,000	0,002	0,026	39,000	Rozptyly se statisticky liší	není třeba	-38,179	4,303	Střední hodnota z prvního objektu je statisticky menší než střední hodnota ze druhého objektu
odběrové místo č. 2	54700,000								

Všem třem skupinám sledovaných mikroorganismů se během třetího termínu odběru dařilo lépe ve druhém objektu, což může být zapříčiněno vyšší vzdušnou vlhkostí, čalouněným nábytkem a květináčích.

Tab. č. 28: Porovnání odběrového místa č. 1 a 2

5.6.2. Porovnání odběrového místa č. 3 a 4

a = 0,05	Rozptyl	F-test	Kritické intervaly		Závěr	Společný rozptyl	T test	Kritické intervaly	Závěr
			F 0,025	F 0,975					

Temín odběru: 12/ 2009

Mikromycety									
odběrové místo č. 3	5033,333	2,904	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	3383,33	4,702	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu je statisticky větší než střední hodnota ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	1733,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 3	933,333	0,250	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	2333,33	-7,015	2,776	Střední hodnota třetího objektu je staticky menší než střední hodnota ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	3733,333								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 3	4133,333	0,003	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky liší	není třeba	0,098	4,303	Střední hodnota z třetího objektu je statisticky stejná se střední hodnotou ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	1393750								

Hodnoty vláknitých hub a proteolytických bakterií byly ve třetím objektu vyšší. Naopak kvasinkám se dařilo lépe v objektu č. 4. Naměřené hodnoty teplot se lišily o 2 stupně a vlhkost o 4 % což by mohlo ovlivnit naměřené počty sledovaných skupin mikroorganismů.

Temín odběru: 4/2010

Mikromycety									
odběrové místo č. 3	63344,44	118,771	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky liší	není třeba	-2,764	4,303	Střední hodnota z třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	533,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 3	10433,33	4,173	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	6466,67	-2,538	2,776	Střední hodnota z třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	2500,000								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 3	164233,3	3,721	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	104188	-0,005	2,776	Střední hodnota z třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	44142,7								

Hodnoty všech tří sledovaných skupin mikroorganismů se během druhého termínu odběru od sebe statisticky nelišily. Dá se předpokládat, že tento výstup měření je zejména zapříčiněn shodnými klimatickými podmínkami vnitřního prostředí měřených odběrových míst.

Temín odběru: 10/ 2010

Mikromycety									
odběrové místo č. 3	2633,333	0,243	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	6733,33	2,139	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	10833,33								
Kvasinky									
odběrové místo č. 3	5733,333	0,476	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	8883,33	-1,603	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	12033,33								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 3	314133,3	4,500	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	191967	-1,342	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 4	69800								

Hodnoty všech tří sledovaných skupin mikroorganismů se během třetího termínu odběru od sebe statisticky nelišily a to i přes to, že ve třetím objektu byla naměřena vyšší vzdušná vlhkost. Na základě tohoto testování nezapříčinila vyšší vlhkost vzduchu, naměřená ve třetím objektu, zvýšené počty mikroorganismů.

Tab. č. 29: Porovnání odběrového místa č. 3 a 4

5.6.3. Porovnání odběrového místa č. 5 a 6

$\alpha = 0,05$	Rozptyl	F-test	Kritické intervaly		Závěr	Společný rozptyl	T test	Kritické intervaly	Závěr
			F 0,025	F 0,975					

Temín odběru: 12/ 2009

Mikromycety									
odběrové místo č. 5	400,000	1,714	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	316,667	-5,047	2,776	Střední hodnota z pátého objektu je statisticky menší než střední hodnota ze šestého
odběrové místo č. 6	233,333								
Kvasinky									
odběrové místo č. 5	30633,333	6,209	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	17783,3	1,653	2,776	Střední hodnoty obou oběktů se statisticky neliší
odběrové místo č. 6	4933,333								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 5	113633,33	0,018	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky liší	není třeba	0,035	4,303	Střední hodnoty obou oběktů se statisticky neliší
odběrové místo č. 6	6366175								

Naměřené průměry kvasinek a proteolytických bakterií se v pátém a šestém objektu statisticky nelišily, ale lišily se průměry mikromycetů, kterým se lépe dařilo v objektu č. 6, kde byla naměřená větší vzdušná vlhkost a také jsou, narozdíl od pátého objektu, v měřené místnosti hrnkové květiny a celoplošný koberec.

Temín odběru: 4/ 2010

Mikromycety									
odběrové místo č. 5	1233,333	0,196	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	3766,67	9,246	2,776	Střední hodnota z pátého objektu je statisticky vyšší než v šestém objektu
odběrové místo č. 6	6300								
Kvasinky									
odběrové místo č. 5	32133,333	2,416	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	22716,7	1,111	2,776	Střední hodnota pátého objektu se statisticky neliší od střední hodnoty šestého objektu
odběrové místo č. 6	13300								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 5	41233,333	0,556	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	57666,7	-1,360	2,776	Střední hodnota pátého objektu se statisticky neliší od střední hodnoty šestého objektu
odběrové místo č. 6	74100								

Hodnoty proteolytických bakterií a kvasinek se statisticky nelišily, kdežto střední hodnota mykromycetů v pátém objektu je statisticky vyšší než v šestém objektu. Mikromycetům se daří lépe v pátém objektu a to se dá přisuzovat vyšší vlhkosti vzduchu, což může být, mimo jiné, zapříčiněno plastovými okny a tím snížení výměny vzduchu.

Temín odběru: 10/ 2010

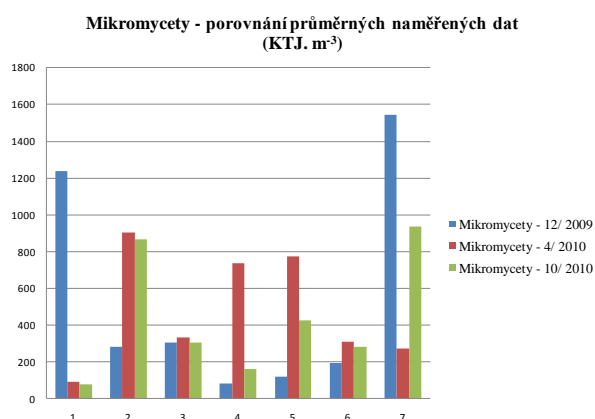
Mikromycety									
odběrové místo č. 5	16033,333	2,196	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	11666,7	1,625	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 6	7300								
Kvasinky									
odběrové místo č. 5	6933,333	0,856	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	7516,67	1,742	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 6	8100								
Proteolytické bakterie									
odběrové místo č. 5	42633,333	0,040	0,026	39,000	Rozptýly se statisticky neliší	552303	1,212	2,776	Střední hodnota ze třetího objektu se statisticky neliší od střední hodnoty ze čtvrtého objektu
odběrové místo č. 6	1061973								

Hodnoty všech třech sledovaných skupin mikroorganismů se během třetího termínu odběru od sebe statisticky nelišily a to i přes to, že v pátém oběktu byla naměřená vlhkost o něco vyšší a teploty byly stejné.

Tab. č. 30: Porovnání odběrového místa č. 5 a 6

5.6.4. Porovnání odběrového místa č. 7

Porovnáme-li celkové průměry naměřených hodnot za všechna odběrová místa a všechny odběrové termíny u mikroskopických vláknitých hub (graf č. 59), tak vidíme, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny u odběrového místa č. 7. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla otestovat, zda odběrové místo č. 7 mělo statisticky významný vliv na zvýšení průměrné hodnoty vláknitých hub u všech sedmi objektů, a to tak, že byly porovnávány celkové průměry u odběrových míst číslo 1 – 7 a 1 – 6. Tato měření byla provedena za dva odběrové termíny, za prosinec 2009 a duben 2010. K otestování dubnového termínu odběru jsem se rozhodla proto, že v tomto termínu byly naopak naměřeny druhé nejnižší hodnoty vláknitých hub právě u odběrového místa č. 7, výsledky a komentář k testování viz. tab. 31 a 32.



Graf č. 59: Vlákňité houby – porovnání průměrných naměřených dat

$\alpha = 0,05$			Kritické intervaly		Závěr	Společný rozptyl	T test	Kritické intervaly	Závěr
Mikromycety - odběr 12/ 2009	Rozptyl	F-test	F 0,025	F 0,975					
odběrová místa 1-6	187885,00	0,532	0,167	5,988	Rozptýly se statisticky neliší	277928,3	-0,569	2,201	Střední hodnota z prvních šesti objektů se statisticky neliší od střední hodnoty všech sedmi objektů.
odběrová místa 1-7	352964,33								

Objekt č. 7 neměl statistický vliv na zvýšení průměrné hodnoty mikromycetů u všech sedmi objektů, i přesto že samotná hodnota v sedmém objektu byla nejvyšší a díky tomu, že i v objektu číslo 1 byla naměřena velmi vysoká hodnota v porovnání s objekty č. 2-6.

Tab. č. 31: Porovnání odběrového místa č. 7 – termín odběru 12/2009

$\alpha = 0,05$			Kritické intervaly		Závěr	Společný rozptyl	T test	Kritické intervaly	Závěr
Mikromycety - odběr 04/2010	Rozptyl	F-test	F 0,025	F 0,975					
odběrová místa 1-6	104328,80	1,087	0,167	5,988	Rozptýly se statisticky neliší	99766,73	0,199	2,201	Střední hodnota z prvních šesti objektů se statisticky neliší od střední hodnoty všech sedmi objektů.
odběrová místa 1-7	95965,00								

Objekt č. 7 neměl statistický vliv na zvýšení průměrné hodnoty mikromycetů u všech sedmi objektů, a to i přesto že samotná hodnota v sedmém objektu byla druhá nejmenší naměřená hodnota ze všech odběrových míst.

Tab. č. 32: Porovnání odběrového místa č. 7 – termín odběru 4/2010

6. Diskuze

Vzhledem k tomu že měření podobného typu, které jsem v této práci popsala, se standardně v soukromém sektoru neprovádí, a ani jsem nenašla žádnou publikovanou studii na toto téma, a tudíž nebyl k dispozici dostatek srovnávacích podkladů, bylo poměrně obtížné provést validní srovnávací analýzy. I z tohoto důvodu jsem se při vyhodnocování své práce zaměřila na dostupné hygienické limity stanovené legislativou České republiky a EU, které jsou zmiňovány na začátku této práce. Následně jsem provedla statistické vyhodnocení získaných dat, které jsem mezi sebou, podle předem stanovených parametrů porovnála.

Porovnáváme-li naměřená data s hygienickými limity danými legislativou České republiky, tak si musíme uvědomit, že tyto jsou stanoveny pro veřejný sektor a tudíž se dá předpokládat, že jejich požadavky na počty KTJ. m^{-3} by měly být v rámci ochrany veřejného zdraví vyšší než pro sektor soukromého obydlí, kde jsou tyto hodnoty dány například intenzitou a způsobem využívání prostoru, finančními omezeními, ale i osobní hygienou každé jednotlivé domácnosti.

Při porovnávání získaných dat s hygienickými limity pro pobytové místnosti, vymezenými vyhláškou Ministerstva zdravotnictví ČR číslo 6/2003 Sb., kde je stanovena hraniční hodnota pro mikroskopické vláknité houby i bakterie na 500 KTJ. m^{-3} vzduchu, jsem došla ke zjištění, že má domněnka byla správná. I přes to, že se jednalo o odběrová místa, která prošla v uplynulých deseti až patnácti letech kompletní rekonstrukcí nebo byla nově postavena a hygienický standard domácností je více než dobrý, limitní hodnota daná vyhláškou byla překročena z porovnávaných 42 případů celkem 26x. Což znamená, že více jak polovina měření nesplnila dané limity.

K překročení hraničních hodnot u proteolytických bakterií došlo téměř u všech odběrových míst a ve všech termínech měření. Výjimkou bylo pouze odběrové místo číslo 1, které během druhého a třetího odběrového termínu splnilo limitní hodnoty. Celkově nejvyšší hodnoty, u všech odběrových míst, byly naměřeny během prvního odběrového termínu, v prosinci 2009. Toto se dá přisuzovat i skutečnosti, že se jednalo o plnou topnou sezónu a pravidelné větrání odběrových míst mohlo být tudíž omezeno. Celkově nejvyšší hodnoty bakterií byly naměřeny v objektu číslo 2, což mě poměrně překvapilo, protože hygienický limit této domácnosti je velice vysoký. Jako jedno z vysvětlení mě napadá přímé spojení měřeného odběrového místa s kuchyní (jedná se o velkou místnost, jejíž součástí je i kuchyň), která je významným producentem vzdušné vlhkosti (dokáže, podle Světové zdravotnické organizace,

vyprodukovat kolem 600 až 1500 g vodní páry za hodinu). V kapitole č. 5.4.1. v tabulce č. 12 byla u tohoto odběrového místa prokázána těsná závislost mezi vlhkostí a proteolytickými bakteriemi, kdy absolutní hodnoty korelačního koeficientu byly 0,98. Druhou skutečností, která mohla ovlivnit tyto vysoké hodnoty bakterií, může být i to, že pod okny odběrového místa č. 7 se nachází septik.

Nejvyšší naměřené hodnoty mikroskopických vláknitých hub byly téměř u všech odběrových míst zaznamenány během druhého odběrového termínu v dubnu 2010. Výjimkou bylo odběrové místo č. 1 a č. 7, kdy naměřená vlhkost v těchto odběrových místech byla za všechny tři termíny odběru nejvyšší během prvního termínu odběru (prosinec 2009). Naopak nejnižší hodnoty vláknitých hub byly u těchto dvou odběrových míst a byly naměřeny právě při druhém odběrovém termínu (duben 2010), kdy byla v těchto objektech také naměřena nejnižší vzdušná vlhkost za všechny tři termíny odběru. Kapitola č. 5.4.1. potvrzuje poměrně těsnou závislost mezi vlhkostí a mikroskopickými vláknitými houbami u obou těchto objektů, kdy absolutní hodnoty korelačního koeficientu byly u odběrového místa č. 1 rovno 0,85 a u odběrového místa č. 7 rovno 0,86.

Porovnáme-li průměrné limitní hodnoty naměřené na jednotlivých odběrových místech s limity pro domácnosti a neprůmyslová prostředí dané předpisem EU, které ve své publikaci „Zdravé obytné a pracovní prostředí“ zmiňuje Jokl (2002), viz tabulka č. 4 pro mikroskopické houby a tab. č. 9 pro proteolytické bakterie, tak zjistíme, že tyto hodnoty byly překročeny pouze 7x. To je, oproti hygienickým limitům daným vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 Sb., více jak 3,5x méně. Z tohoto vyplývá, že předpis EU je podstatně mírnější než vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR. K překročení limitů dle předpisu EU došlo zejména během prvního termínu odběru (prosinec 2009), kdy limitní hodnoty byly překročeny celkem v pěti případech, 3x u proteolytických bakterií a 2x u vláknitých hub. U proteolytických bakterií to bylo u odběrového místa č. 2, 5, 6 a u vláknitých hub to bylo u odběrových míst č. 1 a 7. Zbývající dvě překročení limitů dle EU bylo u odběrového místa č. 2 u proteolytických bakterií, a to v obou zbývajících termínech odběru.

Jokl (2002) zmiňuje také optimální a přípustné hodnoty mikrobiálního mikroklimatu pro interiér dle zkušeností z USA, který byl vypracován U. S. Environmental Protection Agency (E. P. A.), viz tabulka č. 3. Na první pohled se zdá, že uváděné limitní hodnoty jsou velice přísné, ale tabulka bohužel hovoří o koncentraci mikrobů, což je příliš všeobecný pojem, než aby bylo možno udělat validní srovnání se získanými daty v rámci této práce. Snažila jsem se získat podrobnější informace k hodnotám uvedeným tabulce č. 3 - přímým kontaktem (e-mailem) společnosti E. P. A., ale mé dva dotazy zůstaly bohužel bez odezvy.

Jedním ze sledovaných parametrů během měření byla i teplota a vlhkost odběrových míst během jednotlivých termínů měření. Výsledky měření jsou zaznamenány v grafech č. 9 a 10. Porovnáme-li tyto naměřené hodnoty s hodnotami uvedenými v tabulce č. 1, která je sestavena z více informačních zdrojů, tak zjistíme, že relativní vlhkost nepřekročila přípustnou hranici doporučených hodnot v topném období ani v jednom případě. Na všech odběrových místech a u všech odběrových termínů se vlhkost pohybovala v rozmezí optimální relativní vlhkosti doporučené pro topnou sezónu, tj. od 30 do 55 %. Teplota se také téměř u všech termínů odběru pohybovala v přípustném rozmezí doporučeném pro vnitřní ovzduší v topném období. Jedinou výjimkou byly hodnoty naměřené v odběrovém místě číslo 7 během prvních dvou měření. Příčinou bylo nepoužívání objektu v době měření – jedná se o rekreační dům. Nicméně i přes nízké teploty odběrového místa č. 7 byla prokázána těsná závislost mezi teplotou, vlhkostí a všemi třemi skupinami sledovaných mikroorganismů. Jedinou výjimkou, kde závislost prokázána nebyla, je vztah mezi teplotou a proteolytickými bakteriemi, kdy absolutní hodnota koeficientu korelace byla 0,11.

Podíváme-li se na vyhodnocení statistického testování a provedeme-li porovnání jednotlivých – vždy dvou námi zvolených odběrových míst, tak zjistíme, že:

U odběrového místa č. 1 a 2, během 1. termínu odběru, byly hodnoty kvasinek v průměru stejné a lišily se od sebe hodnoty vláknitých hub a proteolytických bakterií. Vlákniťým houbám se dařilo lépe na prvním odběrovém místě a proteolytickým bakteriím na druhém odběrovém místě. Během druhého termínu odběru byly hodnoty proteolytických bakterií na obou odběrových místech v průměru stejné a naopak se lišily hodnoty vláknitých hub a kvasinek. Během třetího termínu odběru se všem třem skupinám sledovaných mikroorganismů dařilo lépe ve druhém objektu. Z výše uvedeného vidíme, že sledovaným skupinám mikroorganismů se celkově dařilo lépe na druhém odběrovém místě. To může být zapříčiněno mimo jiné i odlišným vybavením místností, rozdílným odizolováním obvodových zdí a rozdílnou vzdušnou vlhkostí neměřenou během jednotlivých odběrů.

Porovnáme-li odběrová místa č. 3 a 4, tak během prvního termínu odběru byly průměrné hodnoty kvasinek a proteolytických bakterií u odběrového místa č. 3 větší, což mohlo být zapříčiněno i vyšší vzdušnou vlhkostí, která byla naměřena na odběrovém místě č. 3. Během dalších dvou odběrových termínů se naměřené hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů již od sebe statisticky nelišily. Obě tato odběrová místa se vyznačují poměrně velkou shodou v naměřených hodnotách. U odběrových míst č. 5 a 6 se od sebe statisticky nelišily naměřené hodnoty proteolytických bakterií a kvasinek ani při jednom termínu odběru. Naopak vláknitým houbám se při prvním termínu odběru lépe dařilo na šestém odběrovém

místě a při druhém termínu odběru na pátém odběrovém místě. Toto mohlo být zejména ovlivněno kolísáním vzdušné vlhkosti. Nicméně i přes značné rozdíly ve vybavení měřených místností a rozdíly v typech oken se tyto dvě odběrová místa vyznačují velkou shodou v naměřených hodnotách.

Statistické vyhodnocení ukázalo, že odběrové místo č. 7 nemělo statisticky významný vliv na zvýšení průměrné hodnoty vláknitých hub (během prvního termínu odběru) u všech sedmi objektů, a to i přes to, že právě na odběrovém místě č. 7 byla naměřená nejvyšší hodnota. Dá se přepokládat, že celkově vyšší hodnoty vláknitých hub a proteolytických bakterií, které byly naměřeny na tomto odběrovém místě, souvisí zejména se stavebním materiálem a vybavením měřené místnosti a celého objektu, protože se jedná zejména o dřevo, které má vysokou savost a tím je schopno zadržovat vyšší vzdušnou vlhkost. Tuto mou domněnku potvrzuje i Pehle (2001).

Podíváme-li se na získané hodnoty jednotlivých skupin mikroorganismů z pohledu stavebních materiálů, ze kterých jsou postaveny jednotlivé objekty, ve kterých byly provedeny odběry vzorků vzduchu a zprůměrujeme-li hodnoty vždy za dvě porovnávaná odběrová místa, tak zjistíme, že nejvyšší hodnoty byly celkově naměřeny v objektech postavených z plné červené cihly, následované domy postavenými z opuky a nejlepší hodnoty byly dosaženy v nově postavených domech, na jejichž stavbu obvodových zdí byl použit moderní stavební materiál - porobeton. Toto zjištění opět potvrzuje Pehle (2001), který uvádí jako jeden z nejnásakavějších stavebních materiálů způsobující mimo jiné i zhoršení faktorů vnitřního mikroklimatu právě plnou červenou cihlu. Naopak porobeton se vyznačuje nejlepšími vlastnostmi co do nasákavosti i co do tepelné vodivosti. Objekt č. 7 jsem z tohoto porovnání záměrně vynechala, protože stavební materiály již nejsou v současnosti běžně využívány a podobné stavby bývají dnes již využívány spíše jako rekreační objekty.

Z tabulek č. 11 - 13 je zřejmé, že nejvyšší celkové hodnoty sledovaných skupin mikroorganismů byly naměřeny během prvního termínu odběru, což se dá přisuzovat i tomu, že se jednalo o plnou topnou sezónu, kdy intenzita větrání domácností bývá velice nízká. Dalším činitelem, který mohl významně ovlivnit počty mikroorganismů během prvního termínu odběru je množství vodních par ve vzduchu, protože právě v prosinci 2009 byla naměřena nejvyšší průměrná vlhkost za všechna sledovaná odběrová místa. Průměrná vlhkost byla 47 %. Při druhém termínu odběru (duben 2010) to pak bylo 36 % a při třetím termínu odběru (říjen 2010) bylo naměřeno 43 %. Přihlédneme-li k naměřeným počtům mikroorganismů a vlhkosti, tak ujistíme, že získané údaje potvrzují Blahu a Bukovského (2004), kteří říkají, že se zvyšující se relativní vlhkostí se zvyšuje i životaschopnost mikroorganismů.

Na závěr bych ráda poznamenala, že získané výsledky měření mě velice překvapily stejně jako malé povědomí lidí o této problematice. Přiznám se, že osobně jsem očekávala, že budou naměřeny hodnoty podstatně nižší, a to i vzhledem k tomu, že se jedná o domácnosti pravidelně udržované a s převážně novým vybavením interiéru. Na druhou stranu velice oceňuji přístup a zájem většiny majitelů měřených objektů o výsledky této práce a děkuji za jejich ochotu podělit se o své soukromí.

7. Závěr

Cílem této práce bylo zjistit stav vnitřního ovzduší (IAQ) v soukromém sektoru, konkrétně se jednalo o rodinné domy. Za tímto účelem byla provedena následná šetření a kroky pro získání a vyhodnocení naměřených dat:

- Byly vytipovány takové objekty, aby se dalo následně provést plnohodnotné vyhodnocení získaných dat. V rámci stanoveného výběrového souboru byly mimo jiné také porovnávány vždy dva rodinné domy, které spolu v určitých parametrech korespondovaly.
- Byly stanoveny skupiny potenciálně rizikových mikroorganismů, které měly být sledovány.
- Byla provedena měření (odběry vzduchu) celkem na sedmi odběrových místech (rodinných domech) ve třech různých časových obdobích, která byla stanovena dle všeobecně známých skutečností o výskytu sledovaných skupin mikroorganismů. Při každé termínu měření byly provedeny celkem tři kontrolní odběry na každém odběrovém místě. V rámci jednotlivých odběrů byla také zjišťována teplota a vlhkost vzduch na každém odběrovém místě.
- Výsledky kontrolních odběrů byly zprůměrovány pro každý termín měření a pro každý objekt a to za celkové hodnoty i po jednotlivých mikroorganismech.
- V rámci statistického vyhodnocení dat byla zjišťována závislost výskytu sledovaných skupin mikroorganismů na vlhkosti a teplotě pomocí lineární regresní funkce a koeficientu korelace.

- Následně byly provedeny statistické testy pro shodu průměrů naměřených dat vždy ve dvou obdobných objektech (tj. objekt č. 1 vs. objekt č. 2, objekt č. 1 vs. objekt č. 2, objekt č. 3 vs. objekt č. 4, objekt č. 5 vs. objekt č. 6). Tímto byly porovnány objekty z hlediska průměrných výskytů jednotlivých skupin mikroorganismů. Objekt č. 7 byl vzhledem ke své specifičnosti porovnán jiným způsobem, podrobnější popis testování, viz kapitola číslo 5.6.4.

Na základě výše popsaných skutečností si dovoluji tvrdit, že cíl této diplomové práce byl splněn v plném rozsahu. Byl zjištěn stav mikrobiologie ovzduší v soukromém sektoru, následně byl statisticky vyhodnocen a byl porovnán s hygienickými limity stanovenými pro vnitřní prostředí obytných místností dle Vyhlášky č. 6/2003 Sb. a také bylo provedeno srovnání naměřených hodnot se směrnicí EU (Jokl, 2002).

Vzhledem k tomu, že podobná měření se standardně v soukromém sektoru neprovádí a ani jsem nenašla podobnou studii publikovanou, tak bohužel nebylo k dispozici mnoho podkladů k provedení validních srovnávacích analýz. Také by bylo vhodné provést více počtů opakování měření a na více odběrových místech, aby získaná data byla statisticky hodnotnější. Toto bohužel nebylo z časových, technických a jiných důvodů možné.

Jsem přesvědčena, že by bylo velice užitečné a přínosné, aby dostupnost takovýchto a podobných měření byl pro majitele soukromých objektů běžná, protože mohou odhalit možná skrytá rizika, a mimo jiné i příčiny mnohých zdravotních obtíží. V tomto přesvědčení mě utvrzuje i veliký zájem majitelů sledovaných objektů o výsledky této práce.

8. Seznam literatury

8.1. Seznam publikací

Ainsworth, G.C. 1971. Dictionary of the fungi. 6. edition. Commonwealth Agricultural Bureaux. The Great Britain. p. 631. ISBN: 85198 075 9.

Blaha, M., Bukovský, L. 2004. Prevence a odstraňování vlhkosti. ERA. Šlapanice. 112 s. ISBN: 80-86517-48-9.

Bednář, M. 1996. Lékařská mikrobiologie – bakteriologie, virologie, parazitologie. Marvil. Praha. 558 s..

Brabenec, V., Hošková, P., Louda, Z., Procházková, R., Šařecová, P. 2006. Statistika a biometrika. 1. dotisk. Reprografické studio PEF ČZU. Praha. 272 s..

Fassatiová, O. 1979. Plísně a vláknité houby v technické mikrobiologii. Nakladatelství technické literatury (SNTL). Praha 1. 211 s. ISBN: 04-824-79.

Gioulekas, D. 2004. Allergenic fungi spore records (15 years) and sensitization in patients with respiratory allergy. Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology. 14(3). 225-231.

Henríquez, V. I. 2005. Airborne fungi monitoring in Santiago. Chile. Aerobiologia, 17(2). 137–142.

Hoog, de G. S., Guarro, J. 1995. Atlas of Clinical Fungi. Centralbureau voor Schimmelcultures/ Universitat Rovira i Virgili. The Netherlands. p. 537. ISBN: 90-70351-26-9.

Hui, P. S., Wong, L. T., Mui, K. W. 2008. Using carbon dioxide concentration to assess indoor air quality in offices. Indoor and Build Environment. 17 (3). 213 – 219.

Jokl, M. 2002. Zdravé obytné a pracovní prostředí. Academia. Praha 2. 261 s. ISBN: 80-200-0928-0.

Jokl, M. 2004. Přírozená klimatizace. ERA. Šlapanice. 75 s. ISBN: 80-86517-84-5.

Klabzuba, J. a Kožanová, V. 2002. Mikroklima pracovního a obytného prostředí. 2. vydání. ČZU Praha. Praha. 39 s. ISBN: 80-213-0928-8.

Kocková – Kratochvílová, A. 1990. Yeast and Yeast-like Organism. VCH Verlagsgesellschaft. Switzerland. Basel. p. 516. ISBN: 0-89573-229-7.

Koistinen, K., Kotzias, D., Kephelopoulos S. 2008. The Index project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy. 63 (7). 810-918.

Konopiňská, A. 2004. Monitoring of *Alternaria* and *Cladosporium* like airborne spores in Lublin (Poland) in 2002. Annals of agricultural and environmental medicine. 11(2). 347-349.

Kramář, R. 2007. Lékařská mikrobiologie. Jihočeská univerzita ZSF. České Budějovice. 72 s. ISBN: 978-80-7394-021-8.

Lacey, M. E. a West, J. 2006. The Air Spora: A manual for catching and identifying airborne biological particles. Springer. The Netherlands. 156 s..

Malíř, F. a Ostrý, V. 2003. Vláknité houby (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. Brno. 349 s. ISBN: 80-7013-395-3.

Marchand, D., Belair, F., Kirchner, S. 2008. An indoor air quality index. Towards a culture of health risk assessment. Environnement Risques and Sante. 7 (5). 341 – 347.

Mižáková, A. 2002. The occurrence of moulds in fermented raw meat products. Czech journal of food science. 20(3). 89-94.

Oliveira, M. 2009. Seasonal and intradiurnal variation of allergenic fungal spores in urban and rural areas of the North of Portugal. Aerobiologia. 25 (2). 85–98.

- Ostrý, V. 1998. Vlákňité mikroskopické houby (plísňě), mykotoxiny a zdraví člověka. Státní zdravotní ústav. Praha 10. 20 s. ISBN: 80-7071-102-7.
- Pehle, T. 2001. Vlhkost v domě, prevence a odstraňování. Rebo Productions CZ. Čestlice. 80 s.
- Piontek, M. 1999. Grzyby pleśniowe. Zielona Góra. Polsko. p. 109. ISBN: 83-907710-5-5.
- Raper, K. a Thom, Ch. 1949. A Manual of the Penicillia. The Williams and Wilkins Company. USA. Baltimore. p. 875.
- Rosypal, S. 1994. Přehled biologie. 2. vydání. Scientia. Praha. 635 s. ISBN: 80-85827-32-8.
- Ruppová, P. 2004. Zdravý dům a byt – jak poznáme a odstraníme škodliviny a jedy v domácnosti. Nakladatelství Pavel Dobrovský – BETA. Praha 4. 80 s. ISBN: 80-7306-0-170-84.
- Růžek, L., Popelářová, E., Rada, V., Růžková, M., Vlková, E, Voříšek, K. 2008. Mikrobiologie – pracovní sešit. Powerprint. Praha. 75 s. ISBN: 978-80-213-1815-1.
- Světová zdravotnická organizace – regionální úřadovna pro Evropu a SZU. 2000. Kvalita vnitřního prostředí. Fortuna. Praha. 29 s. ISBN: 80-7071-186-8.
- Šilhánková, L. 2002. Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. 3. vydání. Academia. Praha. 363 s. ISBN: 80-200-1024-6.
- Škoda, B. 1997. Botanika – bakterie, řasy, houby. Nakladatelství České geografické společnosti. Praha. 39 s. ISBN: 80-86034-12-7.
- Veselá, M. 2004. Praktikum z obecné mikrobiologie. VUT - Fakulta chemická. Brno. 100 s..
- Vodrážka, Z. 1996. Biochemie. 2. vydání. Academia. Praha. 186 s. ISBN: 80-200-0600-1.
- Votava, M. 2001. Lékařská mikrobiologie obecná. Neptun. Brno. 246 s. ISBN: 80-902896-2-2.

Votava, M. 2003. Lékařská mikrobiologie speciální. Neptun. Brno. 495 s. ISBN: 80-902896-6-5.

Wasserbauer, R. 2000. Biologické znehodnocení staveb. Arch. Praha. 257 s. ISBN: 80-86165-30-2.

Yao, 2009. A comparison of airborne and dust-borne allergens and toxins collected from home, office and outdoor environments both in New Haven, United States and Nanjing. China. *Aerobiologia*. 25(3). 183–192.

8.2. Elektronické zdroje

- č. 1: Doležilková, H. Vnitřní prostředí – kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. TSBInfo (online). c 2010 [cit. 2010-05-17]. dostupné z <<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>>.
- č. 2: Janotková, E. Technika prostředí (online). Brno. c 2009 [cit. 2010-03-18]. dostupné z <<http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP4.pdf>>.
- č. 3: Ministerstvo zdravotnictví. Vyhláška č. 6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb ze dne 15. 1. 2003 (online). datum účinnosti od 1. 7. 2003. dostupné z <<http://www.mzcr.cz>>.
- č. 4: Státní zdravotní Ústav, Subsystem I. – Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k venkovnímu a vnitřnímu ovzduší. Odborná zpráva pro rok 2001. (online). c 2001 [cit. 2002-06]. dostupné z <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_01/ovzdusi_2001_zprava.pdf>.
- č. 5: VŠCHT. Aerosoly. c 2007. dostupné z <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/aerosol.html>.
- č. 6: Katedra botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Atlas houbových organismů. (online). poslední aktualizace 2011-01. dostupné z <<http://botany.upol.cz/atlas/system/deuteromycotina.php>>.

- č. 7: Projekt Biotox CZ. Toxikon – internetový přehled toxikologie. (online). c 2007. poslední aktualizace 2010 – 11. dostupné z <[http://www.biotox.cz/toxikon/vláknité houby/trideni.php](http://www.biotox.cz/toxikon/vláknité_houby/trideni.php)>.
- č. 8: Macháček, P. Alergie na plísňe a jejich diagnostika - XII. Českolipský den astmatu a alergie. (online). c 2007. [cit. 2007-5-17]. dostupné z <<http://195.250.138.169/alergie/documents/Machacek.pdf>>.
- č. 9: Přírodovědecká fakulta UK – Katedra botaniky. Atlas zygomycetů. (online). c 2009 dostupné z <<http://195.113.57.24/cs/atlas-zygomycetu-2009>>.
- č. 10: The University of Adelaide. Austrálie. Mycology online - *Penicilliosis marneffeii*. (online). c 2011. dostupné z <http://www.mycology.adelaide.edu.au/Mycoses/Oppportunistic/Penicilliosis_marneffeii/>.
- č. 11: Mold and Bacteria Consulting Laboratories. Kanada. Common molds – *Penicillium*. (online). c 1999 [cit. 2007-5-13]. dostupné z <<http://www.moldbacteria.com/learnmore/penicillium.html>>.
- č. 12: The University of Adelaide. Austrálie. Mycology online – *Penicillium sp.*, (online) c 2011, dostupné z <[http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_\(hyaline\)/Penicillium/](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Penicillium/)>.
- č. 13: Wikipedie – Otevřená encyklopedie. Štětíčkovec. (online). poslední aktualizace 16. 1. 2011. dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0t%C4%9Bti%C4%8Dkovec>>.
- č. 14: FN Plzeň. Atlas lékařské mykologie - *Cladosporium herbarum*. (online). poslední aktualizace 13. 4. 2010. dostupné z <<http://www.fnplzen.cz/mykoatlas/>>.
- č. 15: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias CENIAP. *Cladosporium herbarum* sobre moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae). (online). c 1998 [cit. 1998-2]. - Bol Entomol Venez. en Venezuela. 13(1):57-65, dostupné z <<http://avepagro.org.ve/entomol/v13-1/131b0005.html>>.
- č. 14: Wikipedie – Otevřená encyklopedie. Kvasinky. (online). poslední aktualizace 3. 3. 2011. dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kvasinky>>.
- č. 15: Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Oddělení mikrobiologie. Využití kvasinek pro produkci biomasy a produkce vitaminů kvasinkami. (online). c 2008. dostupné z <<http://www.sci.muni.cz/mikrob/kvasbiotech/vyuziti/vyuziti.html>>.
- č. 16: Wikipedie – Otevřená encyklopedie. Bakterie. (online). poslední aktualizace 16. 2. 2011. dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bakterie>>.
- č. 17: Moran, L. A. 2008. Multicellular *Bacteria*. (online). c 2006 [cit. 2008-3-3]. dostupné z <<http://sandwalk.blogspot.com/2008/03/multicellular-bacteria.html>>.

- č. 18: Clinical Laboratory of Medicine. Microbiology. (online). c 2009 [cit. 2010-03-30]. dostupné z <<http://217.16.54.49/jps/legionella.jpg>>.
- č. 19: Goowvi, E. A. 1994. *Bacillus mycoides* – a bacterial pathogen of channel catfish. Auburn University. USA. (online). c 1994 [cit. 1994-4-14]. Vol. 18: 173-179. dostupné z <<http://www.int-res.com/articles/dao/18/d018p173.pdf>>.
- č. 20: U.S. Environmental Protection Agency. *Bacillus mycoides* isolate J (006516) Fact Sheet. (online). poslední aktualizace 11. 2. 2011. dostupné z <http://www.epa.gov/opbppd1/biopesticides/ingredients/factsheets/factsheet_006516.htm>.
- č. 21: The State University of New Jersey. USA. Atlas online de mikrobiologie. Disciplina de Microbiologie UMF Târgu-Mureş. *Bacillus*. (online). c 1999. poslední aktualizace 12. 8. 2010. dostupné z <<http://atlas.microumftgm.ro/bacteriologie/bactsp/bacillus.php>>.
- č. 22: Biological Library – BioLib. *Microsoccus luteus*. (online). c 1999-2001. dostupné z <<http://www.biolib.cz/en/taxonimage/id142101/>>.
- č. 23: Ministerstvo zdravotnictví - Hlavní hygienik České republiky. 2007. Metodický návod pro měření a stanovení chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů kvality vnitřního prostředí. [cit. 2007-3-23]. dostupné z <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/Vnitri_ovzdusi/met_nav_mrereni_stanoveni_chem_fyz_bio_indoor.pdf>.
- č. 24: Státní zdravotní ústav. 2007 a 2008. Zprávy Centra epidemiologie a mikrobiologie. dostupné z <<http://www.szu.cz/publikace/zpravy-centra-epidemiologie-a-mikrobiologie>>.
- č. 25: Gutarowska, B. a Piotrowska, M. 2007. Methods of mycological analysis in buildings. Building and environment. (online) c. 2007. vol. 42. no. 4 [cit. 2008-02-02]. p. 1843-1850. dostupný z WWW: <www.sciencedirect.com>.
- č. 26: Merck4Pharma. MAS-100 NT. Microbial Air Monitoring Systems. (online) c. 1999. dostupné z <http://www.merck-chemicals.sk/pharmaceutical-ingredients/mas-100-nt/c_9GGb.s1OCtCAAefAGAHFaNC>.

8.3. Legislativní dokumenty a normy

- ČSN EN ISO 16000-1. Vnitřní ovzduší - Část 1. Obecná východiska odběru vzorků (ISO 16000-1:2004). ICS 13.040.20. 2007. Český normalizační institut. Praha. s. 25.
- Česko. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 6/2003 Sb. ze dne 16. prosince 2002 stanovující hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. Sbírka zákonů České republiky č. 4/2003. na straně 121. Dostupné také z <<http://www.i-poradce.cz/SubPages/OtvorDokument/Clanok.aspx?idclanok=457>>.
- Česko. Vláda. Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. se změnami 68/2010 Sb. ze dne 12. prosince 2007 stanovující podmínky ochrany zdraví při práci. Sbírka zákonů č. 111/2007 Sbírky zákonů. Strana 5086. Dostupné také z <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-vlady-c-361-2007-sb-kterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-pri-praci>>.
- Česko. Zákon č. 262/2006 Sb. ze dne 21. dubna 2006 vymezuje pracovní vztahy. Zákoník práce České republiky. 2006. Sbírka zákonů č. 84/2006. Strana 3146. Dostupné také z <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-262-2006-sb-a-souvisejici-predpisy>>.
- Česko. Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 14. 7. 2000 o ochraně veřejného zdraví a souvisejících předpisy. 2000. Sbírka zákonů č. 74/2000. Strana 3622. Dostupné také z <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-258-2000-sb-a-souvisejici-predpisy>>.

9. Přílohy

9.1. Seznam tabulek

Strana

11	Tab. č. 1:	Doporučené parametry vnitřního prostředí
19	Tab. č. 2:	Koncentrace mikrobů ve venkovním ovzduší
21	Tab. č. 3:	Optimální a přípustné koncentrace mikrobů pro interiér budov
23	Tab. č. 4:	Kategorie znečištění vnitřního ovzduší spóry plísní dle EU
29	Tab. č. 5:	Příklady mykotoxinů a jejich producentů
29	Tab. č. 6:	Hodnocení vybraných mykotoxinů z hlediska karcinogenity a stanovení expozičních standardů PTWI a TDI

30	Tab. č. 7:	Příklady významných akutních a chronických onemocnění lidí spojovaných s mykotoxiny
38	Tab. č. 8:	Charakteristická doba potřebná pro zdvojení hmotnosti
39	Tab. č. 9:	Kategorie znečištění vnitřního ovzduší bakteriemi dle EU
49	Tab. č. 10:	Základní specifikace jednotlivých objektů vybraných pro odběr vzorků
54	Tab. č. 11:	Naměřené hodnoty – 12/2009
54	Tab. č. 12:	Naměřené hodnoty – 4/2010
54	Tab. č. 13:	Naměřené hodnoty – 10/2010
60	Tab. č. 14:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 1
60	Tab. č. 15:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 2
61	Tab. č. 16:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 3
61	Tab. č. 17:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 4
62	Tab. č. 18:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 5
62	Tab. č. 19:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 6
62	Tab. č. 20:	Korelační koeficient - odběrové místo č. 7
66	Tab. č. 21:	Porovnání odběrového místa č. 1 a 2 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů
70	Tab. č. 22:	Porovnání odběrového místa č. 3 a 4 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů
75	Tab. č. 23:	Porovnání odběrového místa č. 5 a 6 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů
78	Tab. č. 24:	Porovnání odběrového místa č. 7 – Průměrné celkové hodnoty sledovaných mikroorganismů
79	Tab. č. 25:	Testy hypotéz pro testování významnosti rozdílu dvou výběrových rozptylů
79	Tab. č. 26:	T-test, testy hypotéz pro testování při shodě rozptylů
80	Tab. č. 27:	T-test, testy hypotéz pro testování při rozdílu rozptylů
81	Tab. č. 28:	Porovnání odběrového místa č. 1 a 2
82	Tab. č. 29:	Porovnání odběrového místa č. 3 a 4
83	Tab. č. 30:	Porovnání odběrového místa č. 5 a 6
84	Tab. č. 31:	Porovnání odběrového místa č. 7 – termín odběru 12/2009
84	Tab. č. 32:	Porovnání odběrového místa č. 7 – termín odběru 4/2010

9.2. Seznam grafů

Strana

10	Graf č. 1:	Složky interního mikroklimatu
19	Graf č. 2:	Vztah mezi počtem mikroorganismů a počtem aerosolových částic
55	Graf č. 3:	Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 12/2009
56	Graf č. 4:	Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 4/2010
56	Graf č. 5:	Průměrné množství vláknitých hub, kvasinek a proteolytických bakterií – 10/2010
57	Graf č. 6:	Průměrné množství vláknitých hub - celkové hodnoty
57	Graf č. 7:	Průměrné množství kvasinek – celkové hodnoty
58	Graf č. 8:	Průměrné množství proteolytických bakterií – celkové hodnoty
58	Graf č. 9:	Vlhkost jednotlivých míst odběru dle termínu odběru
59	Graf č. 10:	Teplota jednotlivých míst odběru dle termínu odběru
64	Graf č. 11:	Odběrové místo č. 2, 12/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
64	Graf č. 12:	Odběrové místo č. 1, 4/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
64	Graf č. 13:	Odběrové místo č. 2, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
64	Graf č. 14:	Odběrové místo č. 1, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
64	Graf č. 15:	Odběrové místo č. 2, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky – průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
64	Graf č. 16:	Odběrové místo č. 1, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné Mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
65	Graf č. 17:	Odběrové místo č. 2, 12/2009 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
65	Graf č. 18:	Odběrové místo č. 1, 12/2009 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

- 65 Graf č. 19: Odběrové místo č. 2, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 65 Graf č. 20: Odběrové místo č. 1, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 65 Graf č. 21: Odběrové místo č. 2, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 65 Graf č. 22: Odběrové místo č. 1, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 67 Graf č. 23: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 1 a 2 za všechny tři termíny odběrů vzorků
- 67 Graf č. 24: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 1 a 2 za všechny tři termíny odběrů vzorků
- 68 Graf č. 25: Odběrové místo č. 3, 12/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 68 Graf č. 26: Odběrové místo č. 4, 12/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 68 Graf č. 27: Odběrové místo č. 3, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 68 Graf č. 28: Odběrové místo č. 4, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 29: Odběrové místo č. 3, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 30: Odběrové místo č. 4, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 31: Odběrové místo č. 3, 12/2009 - Proteolytické bakterie – průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 32: Odběrové místo č. 4, 12/2009 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 33: Odběrové místo č. 3, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 69 Graf č. 34: Odběrové místo č. 4, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 70 Graf č. 35: Odběrové místo č. 3, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech

- 70 Graf č. 36: Odběrové místo č. 4, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 71 Graf č. 37: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků
- 71 Graf č. 38: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 3 a 4 za všechny tři termíny odběrů vzorků
- 72 Graf č. 39: Odběrové místo č. 5, 12/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 72 Graf č. 40: Odběrové místo č. 6, 12/2009 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 41: Odběrové místo č. 5, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 42: Odběrové místo č. 6, 4/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 43: Odběrové místo č. 5, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 44: Odběrové místo č. 6, 10/2010 - Mikromicety a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 45: Odběrové místo č. 5, 12/2009 - Proteolytické bakterie – průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 73 Graf č. 46: Odběrové místo č. 6, 12/2009 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 74 Graf č. 47: Odběrové místo č. 5, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 74 Graf č. 48: Odběrové místo č. 6, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 74 Graf č. 49: Odběrové místo č. 5, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 74 Graf č. 50: Odběrové místo č. 6, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 76 Graf č. 51: Průměrné celkové hodnoty mikroskopických vláknitých hub odběrových míst č. 5 a 6 za všechny tři termíny odběrů vzorků
- 76 Graf č. 52: Průměrné celkové hodnoty proteolytických bakterií odběrových míst č. 5 a 6 za všechny tři termíny odběrů vzorků

- 77 Graf č. 53: Odběrové místo č. 7, 12/2009 - Vlákňité houby a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 77 Graf č. 54: Odběrové místo č. 7, 4/2010 - Vlákňité houby a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 77 Graf č. 55: Odběrové místo č. 7, 10/2010 - Vlákňité houby a kvasinky - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 77 Graf č. 56: Odběrové místo č. 7, 12/2009 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 77 Graf č. 57: Odběrové místo č. 7, 4/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 77 Graf č. 58: Odběrové místo č. 7, 10/2010 - Proteolytické bakterie - průměrné mikrobiální zatížení po jednotlivých mikroorganismech
- 84 Graf č. 59: Vlákňité houby – porovnání průměrných naměřených dat

9.3. Seznam obrázků

Strana

11	Obr. č. 1:	Vztah mezi teplotou, relativní a absolutní vlhkostí
17	Obr. č. 2:	Velikost disperzních částic aerosolů
23	Obr. č. 3:	Kvantitativní výskyt mikroskopických hub v životním prostředí a potravinách
24	Obr. č. 4:	Životní cyklus vláknitých hub na vlhkém zdivu
31	Obr. č. 5:	<i>Rhizopus</i> - kolonie
31	Obr. č. 6:	<i>Rhizopus</i>
33	Obr. č. 7:	<i>Penicillium</i>
33	Obr. č. 8:	<i>Penicillium</i> – kolonie
35	Obr. č. 9:	<i>Cladosporium herbarum</i> – kolonie
35	Obr. č. 10:	<i>Cladosporium herbarum</i>
35	Obr. č. 11:	<i>Cladosporium herbarum</i> – kolonie
36	Obr. č. 12:	Schéma buňky kvasinky
36	Obr. č. 13:	Životní cyklus kvasinky
40	Obr. č. 14:	<i>Legionella pneumophila</i>
41	Obr. č. 15:	<i>Bacillus mycoides</i>
41	Obr. č. 16:	<i>Bacillus mycoides</i>
42	Obr. č. 17:	<i>Micrococcus luteus</i>
42	Obr. č. 18:	<i>Micrococcus luteus</i>
45	Obr. č. 19:	Rozmístění objektů, ve kterých probíhalo měření interiérového ovzduší
51	Obr. č. 20:	Princip aeroskopu
51	Obr. č. 21:	Aeroskop Mas – 100 Eco
51	Obr. č. 22:	Perforovaná odběrová hlava Aeroskopu Mas – 100 Eco
36	Obr. č. 23:	Taxonomie kvasinek

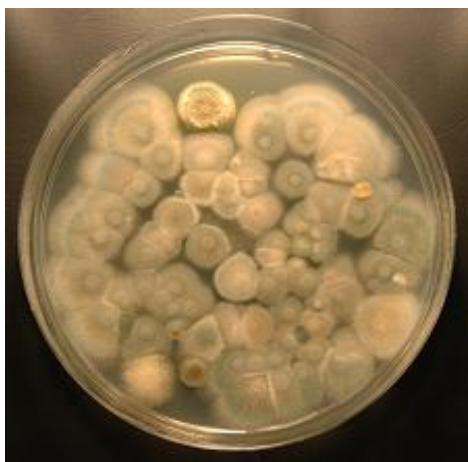
9.4. Použité zkratky

- cfu/CFU - „colony-forming unit” = kolonie tvořící jednotky (KTJ); udává se v CFU/g či CFU/ml (Ainsworth, 1971)
- cft - krychlová stopa, $1 \text{ cft} = 0,0283\text{m}^3$
- IAQ - Interior Air Quality (interiérová kvalita vzduchu)
- KTJ - kolonie tvořící jednotky; česká verze zkratky cfu
- PAU - polycyklické aromatické uhlovodíky; v prostřední perzistentní – odolávají přirozeným rozkladným procesům; vznik převážně nedokonalým spalováním organických látek; mutagenní a karcinogenní účinek
- PCB - polychlorované bifenyly; vedlejší produkty průmyslové výroby (hutnictví, spalování odpadů, chemická výroba, spalování olovnatého benzínů, ... atd.)
- PM 10, PM 2,5 - polétavý prach o velikosti 10 μm a 2,5 μm vznikající téměř výhradně jako produkt lidské činnosti (spalování, tavená ruda, z půdy zbavené vegetačního krytu); čím menší průměr částice, tím déle zůstává v ovzduší
- SZU - Státní zdravotní ústav
- VOC - těkavé organické látky neboli „volatile organic compounds“; váží se na částice polétavého prachu; působí v organismu toxicky

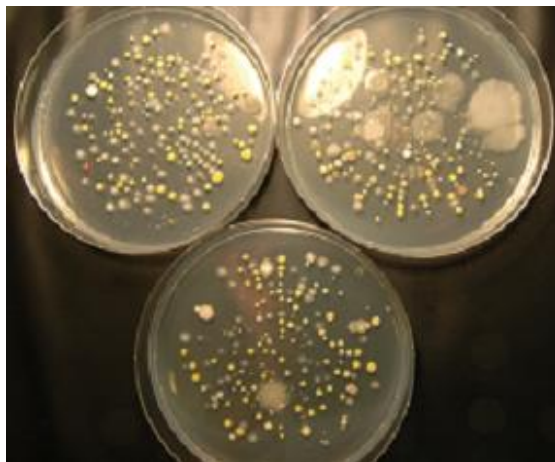
9.5. Fotodokumentace

Zde je zachycena fotodokumentace narostlých kolonií. V příloze nejsou zahrnuta všechna odběrová místa, ale jsou zachyceny pouze vybrané vzorky kolonií pro názornou demonstraci výsledků kultivace.

1. Odběr č. 1. ve dnech 12. - 13. 12. 2009:



Odběrové místo č. 6
Zobrazen 2. kontrolní odběr nárůstu kolonií vláknitých hub



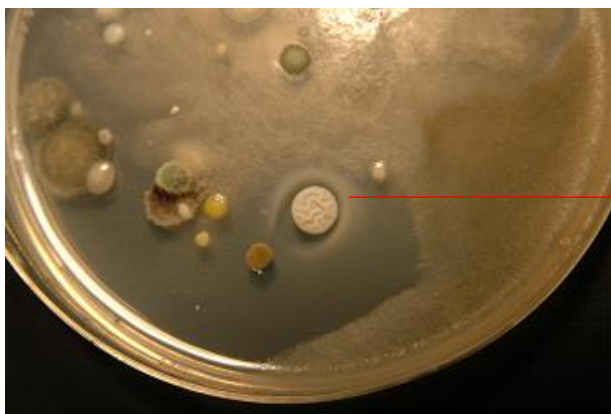
Odběrové místo č. 6
Zobrazeny všechny tři kontrolní odběry nárůstu kolonií kvasinek a proteolytických bakterií

2. Odběr č. 2. dne 25. 4. 2009:



Odběrové místo č. 7
Zobrazen 2. kontrolní odběr nárůstu kolonií kvasinek a proteolytických bakterií.

Bacillus mycoides



Antibiotický efekt

Odběrové místo č. 4
Zobrazen 2. kontrolní odběr nárůstu kolonií vláknitých hub



Rhizopus

Odběrové místo č. 3
Zobrazen 1. kontrolní odběr nárůstu kolonií vláknitých hub



Penicillium

Odběrové místo č. 1
Zobrazen 3. kontrolní odběr nárůstu kolonií vláknitých hub