

# MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ ODBORNÉ PRACOVIŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA SANACE VLHKÉHO ZDIVA

zak.č. 10-037-23  
18.7.2023

## TECHNIKA PROSTŘEDÍ Studie



# MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ ODBORNÉ PRACOVIŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA SANACE VLHKÉHO ZDIVA

## TECHNIKA PROSTŘEDÍ

### *Seznam příloh*

---

Technická zpráva	text
Bilance Stávající stav	tabulka
Bilance Návrh	tabulka
Schéma Varianta A	výkres
Schéma Varianta B	výkres
Odhad investičních nákladů	tabulka

## **TECHNICKÁ ZPRÁVA**

# **MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ ODBORNÉ PRACOVIŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA SANACE VLHKÉHO ZDIVA**

## **TECHNIKA PROSTŘEDÍ**

(10-037-23, 18.7.2023)

### ***Úvod***

V depozitářích v 1PP jsou přetrvávající problémy s vysokou vlhkostí. Zlepšení stavu se dá řešit různými způsoby, resp. je vhodné kombinace těchto způsobů. Základním opatřením by mělo být zabránění vnikání vlhkosti do prostoru, v tomto případě stavebním řešením. Dále je pak vhodné zvážit rozsah úprav vnitřního klimatu. V této části jsou popsány možné úpravy vnitřního klimatu na straně úprav vzduchu (HVAC).

### ***Popis problému***

Budova je stávající, s historickou hodnotou. To zásadním způsobem limituje možnosti řešení větrání a stavu prostředí v objektu obecně. V současné době je větrání přirozené okenními otvory.

### ***Požadavky***

Základním požadavkem je zlepšit vlhkostní parametry vnitřního klimatu.

Požadavek na celoroční stabilní klima se v tomto případě (depozitáře) odvíjí od skladovaných materiálů a lze ho shrnout:

Teplota	celoročně 16-21°C
Vlhkost relativní	celoročně 45-55%, max. denní výkyv +/-5%

(V některých depozitářích (1.19, 2.01) je požadována relativní vlhkost do 50%, max. +/-5%/den, ale z hlediska technického návrhu lze všude uvažovat výše uvedené požadavky.)

## *Problém*

Vlhkost v depozitářích je nyní vyšší než požadavek. (Bližší popis viz předané zadání a měření uživatele.) Po provizorní instalaci decentrálních kondenzačních odvlhčovačů do většiny místností se situace s vysokou vlhkostí zlepšila, ale stále není dosaženo v některých případech požadovaných parametrů.

Kromě vyšší vlhkosti uživateli vadí i náročnost obsluhy stávajícího řešení (vylévání zkondenzované vody z nádržek odvlhčovačů) a spotřeba elektrické energie.

## *Omezení plynoucí z aktuálního stavu*

Depozitáře jsou součástí budovy, která je celá po rekonstrukci. To limituje návrhy řešení. Některá řešení jsou nevhodná z důvodu nutnosti velkých stavebních zásahů do budovy.

Pokud existuje přísun vlhkosti do depozitářů skrz stavbu a předpokládá se odvod vlhkostí z depozitářů strojním zařízením, jsou komplikujícím (a limitujícím) prvkem samotné vlastnosti depozitářů : regály až do stropu (výška brání proudění vzduchu), chybějící prostory pro vedení technických zařízení (VZT) v depozitářích, chybějící technické prostory.

Správné řešení by znamenalo kompletní přeřešení depozitářů vč. nových/úpravy regálů a stavby.

Výsledek tak bude vždy kompromis (např. z hlediska rozmístění strojů nebo z hlediska rovnoměrnosti vlhkosti).

## *Trendy*

Současným trendem není budování velkých vzduchotechnických zařízení, ale udržení parametrů fyzikálními vlastnostmi vlastní stavby a případné „doladění“ odchylek lokálně co nejjednodušími strojními zařízeními. Prvnímu budou přispívat to, že se jedná o starou stavbu, negativně návrh ovlivňují pozdější úpravy stavby.

## ***Stávající stav***

### *Vytápění*

V depozitářích jsou osazeny topná tělesa teplovodního systému (deskové radiátory a trubkové konvektory).

Regulace výkonu topných těles probíhá mechanickými (ručními) termostatickými hlavicemi na ventilech u radiátorů.

### *Větrání*

Prostory jsou vybaveny otevíratelnými okny. Okna zajišťují a budou zajišťovat větrání pouze pro hygienickou výměnu vzduchu při přítomnosti osob. Ovládání oken je ruční.

Mimo přítomnost zaměstnanců okna ani nemohou být otevřená z důvodu zabezpečení. Přirozené větrání okny tedy nemůže být využíváno pro regulaci vlhkosti v prostoru.

### *Odvlhčování*

V části depozitářů jsou nyní umístěny decentrální kondenzační odvlhčovače různých typů a výkonů. Odvlhčovače mají nádržky na zkondenzovanou vodu, kterou obsluha musí ručně vylévat. Obsluha má empiricky zjištěno, kolik vody z nádržek vynese a zda se potřebná vlhkost udrží v předepsaných tolerancích či ne.

Tyto údaje jsou shrnuty v tabulce Stávající stav.

Viz tab. Stávající stav

### *Problémy vnitřního klimatu*

S provizorně instalovanými odvlhčovači se v části depozitářů daří udržet vlhkost na maximální hranici, v části depozitářů se to nedaří. To je navíc proměnné v čase.

Zjednodušené hodnocení viz sloupec stav prostředí (OK / nevyhovuje) v tab. Stávající stav.

Problémy stávajícího řešení jsou:

- Ve velké části depozitářů (velké % podlahové a skladovací plochy) není dodržena maximální vlhkost  
Ani s provizorními odvlhčovači se nedaří dosáhnout požadovaných hodnot
- V některých depozitářích velké výkyvy vlhkosti
- Nutnost vynášet vodu, sledovat stav naplnění nádob  
Tj. pro obsluhu náročné. Navíc tam obsluha není trvale.
- Nutnost větrání dveřmi  
Navíc je větrání možné jen za přítomnosti zodpovědných osob (pro každý depozitář jiná osoba).

Poznámka: V zadávacím mailu (muzejní pracovník dobře znající problematiku Jaroslav Zámečník, 26.2.2023) je zmíněna maximální teoretická spotřeba elektrické energie provizorních odvlhčovačů 125 kWh/den. (V mailu uvedených 1325 kWh je evidentně upsání s číslicí „3“ navíc.) To je však hodnota pro trvalý chod 24 h denně na maximální výkon, v praxi je spotřeba nižší. V porovnání s jinými metodami odvlhčování však jde o nízkou spotřebu energií. Energetické hledisko je bráno v úvahu i při dalším návrhu. Právě proto je navrženo v principu podobné řešení jako nyní (kondenzační odvlhčování, lokální odvlhčovače).

## **Vlhkostní bilance**

Do objektu se dostává zemní vlhkost. To zvyšuje vlhkost vzduchu v depozitářích. Stanovit množství takto vnikající vlhkosti výpočtově je nemožné.

Lze provést pouze odhad potřebného odvlhčování podle produkce zkondenzované vody ze stávajících odvlhčovačů. V úvahu se přitom vezmou odvlhčovače umístění v těch místnostech (depozitářích), kde se po instalaci odvlhčovačů vlhkost snížila (přiblížila) až k požadovaným hodnotám. Pro ostatní depozitáře se potřebné odvlhčení určí poměrově (podle velikosti prostoru).

Výsledky odhadu potřebného odvlhčení jsou shrnuty viz tab. Návrh

Poznámka: V tabulce je uveden i návrh kondenzačního odvlhčování (kterýžto princip je navržen až v následujících odstavcích).

Poznámka k uvedenému výrobku: K odvlhčovacím výkonům je v tabulce přiřazen i příklad konkrétního odvlhčovače (sloupec Typ). Jedná se o studii. Účelem studie je představit řešení. Lze použít jiný typ jiného výrobce splňující uvedené parametry. Dále v textu je uveden příklad grafu odvlhčovacích výkonů podobné jednotky (záměrně od jiného výrobce).

Hodnoty potřebného odvlhčení v litrech za hodinu jsou stanoveny pro shora navrhovaný provozní stav depozitářů (tj. 20°C / 50%).

## **Vytápění**

Požadovanou teplotu (16-21°C) se v depozitářích daří udržet. Vzhledem k požadavku na nižší vlhkost (než je v současné době) je nutné se při vytápění držet u horní hranice, tj. 21°C. (Odůvodnění: Při vyšší teplotě a stejné relativní vlhkosti obsahuje vzduch více vodní páry (absolutní vlhkosti) než při nižší teplotě. Při vyšší teplotě je tak vnitřní vzduch schopen absorbovat více vlhkosti.)

Teplota je a bude regulována termostatickými hlavicemi na radiátorech. Zde nenavrhují změnu.

Depozitáře jsou zčásti zapuštěné pod terénem. Zemina tak místnosti ochlazuje (např. v létě na příjemnou teplotu). Při vypínání centrálního topného systému budovy na konci topného období (podle teploty v nadzemních podlažích), např. v květnu může způsobit neudržení dostatečně vysoké teploty v depozitářích. (tak aby byla zajištěna max. vlhkost). Proto je součástí návrhu doporučení nevypínat topné větve do depozitářů.

## ***Možnosti řešení – princip odvlhčování***

Snižovat vlhkost je možné různými způsoby.:

### ***Zvýšením teploty vzduchu***

Tohoto jevu je zčásti využito, je však omezeno rozumnou spotřebou tepla (na vytápění) a podmínkami depozitářů (pro osoby a zejména uložené materiály) do teploty 21°C

### ***Odvodem vlhkosti větráním***

Větráním se vyměňuje vzduch vnitřní za vzduch venkovní. Pokud má venkovní vzduch nižší absolutní vlhkost, dochází ke snížení vlhkosti v prostoru.

Přirozené větrání okny zde není možné, protože v době nepřítomnosti zaměstnanců nelze otevírat okna. (Proto není možné ani automatické otevírání.)

Nucené větrání vzduchotechnikou by vyžadovalo instalaci poměrně velkých rozvodů VZT, VZT jednotek a dalších zařízení vč. navazujících profesí vytápění, atd

Nevýhodou je nutný ohřev vzduchu na teplotu v místnosti, tj. velká spotřeba energie na vytápění.

Při nepříznivých venkovních podmínkách (vysoké vlhkosti venku) je navíc toto řešení neúčinné. Proto v tomto případě není odvlhčování větráním navrženo.

### ***Jímáním vlhkosti do sorpčního materiálu***

Do místností se rozmístí sorpční materiál (např. silikagel). Tento materiál za vhodných podmínek (teplota, normální tlak vzduchu) nasává vlhkost ze vzduchu do sebe. (Příklad: Jde o stejný princip jako v balíčcích přepravovaných námořní dopravou.)

Nevýhodou je nutnost tento materiál pravidelně obměňovat. Materiál nutno vyměnit za nový nebo nechat regenerovat. Pro nutnou manipulaci, objem materiálu, provozní náročnost a cenovou náročnost výměn není toto řešení vhodné pro dlouhodobé použití v budovách.

Řešením v budovách je regeneraci sorpčního materiálu zautomatizovat a sorpci řešit strojním zařízením. Na to existují technická zařízení pracující na adsorpčním principu - adsorpční jednotky. U těchto jednotek zmíněné nevýhody odpadají.

### ***Kondenzací vlhkosti***

Vlhkost je vodní pára obsažená ve vzduchu. Vodní páru lze ze vzduchu odejmout i kondenzací vodní páry, kdy se vodní pára oddělí od vzduchu formou vysrážené vody. Kondenzace vodní páry probíhá na studeném povrchu, jehož teplota je pod teplotou rosného bodu vzduchu.

Tento princip využívají tzv. kondenzační jednotky. Tyto jednotky v decentrálním provedení jsou nyní užívány v depozitářích.

Pro vysoký odvlhčovací výkon je vhodné provozovat jednotky za vyšších teplot vzduchu. Zde je teplota vzduchu omezena (max. 21°C). Při těchto teplotách mají kondenzační odvlhčovací jednotky mnohem menší odvlhčovací výkon (než např. při teplotách kolem 30°C).

### ***Porovnání***

Ne všechny způsoby jsou vhodné pro konkrétní případ, tj. stávající budovu ve stávajícím stavu (krátce po rekonstrukci).

Z výše uvedených způsobů jsou (v dané situaci) nejvhodnější systémy strojního odvlhčování.

Tyto systémy mohou pracovat na sorpčním nebo kondenzačním principu (viz výše).

Strojní odvlhčování (tj. odvlhčování nějakým technickým zařízením) může být na kondenzačním nebo sorpčním principu.

Kondenzační princip využívají např. stávající odvlhčovače. Odvlhčovací výkon je silně závislý na teplotě vzduchu. Při vyšší teplotě vzduchu mají větší odvlhčovací výkon. Proto je tento princip využíván zejména pro odvlhčování při vyšších teplotách např. v bazénových halách).

Sorpční princip není tak omezen na vyšší teploty, lze ho provozovat i za nízkých teplot (i když také se sníženým výkonem), až do podnulových teplot.

Adsorpční princip využívá materiálů pohlcujících vlhkost (např. silikagel), kdy se vlhkost (z primárního odvlhčovaného vzduchu) vsřebává za nízkých teplot do zmíněného materiálu, který po ohřátí na vyšší teplotu vlhkost vydává (do regeneračního vzduchu). Toto řešení je vhodné i pro

velmi nízké teploty vzduchu, ale má nevýhodu v ještě větším ohřevu vzduchu a poměrně vysoké energetické náročnosti (ve srovnání s kondenzačním odvlhčováním) pro větší prostory.

#### *Volba principu*

Princip odvlhčování se musí volit s ohledem na provozní stavy (zejména teplotu vzduchu). Pokud připustíme v depozitářích teplotu až 20°C, je výhodnější použít principu strojního odvlhčování kondenzací (ve srovnání se sorpcí, která je náročnější energeticky, investičně i nutností vzduch dochlazovat). Proto je dále uvažováno se strojním odvlhčováním kondenzací vzduchu.

### ***Možnosti řešení – centralizace***

Uživateli nevyhovuje mj. decentralizace stávajících odvlhčovačů, kdy musí vynášet vodu z odvlhčovačů v depozitářích (9 míst).

V zásadě jsou 2 možnosti – decentralní řešení (jako nyní) a centrální řešení velkým vzduchotechnickým zařízením se zabudovaným odvlhčováním.

#### *Decentralizované odvlhčování*

Stroje budou rozmístěny přímo v depozitářích (podobně jako dosud).

Pro správnou funkci je stačí připojit na zdroj elektrické energie a odvod kondenzátu (zkondenzovaná vlhkost ve formě vody). Nejsou potřeba rozvody vzduchu velkými VZT potrubími.

#### *Centrální odvlhčování*

Centrální odvlhčování by bylo řešeno jako odvlhčování zařízení ve formě vzduchotechnické jednotky. Lze sestavit vzduchotechnickou jednotku, která bude obsahovat vestavěný odvlhčovací okruh a odvlhčený vzduch posílat do depozitářů.

Centrální cirkulační odvlhčování vyžaduje vzduch cirkulovat (nasávat vzduch zpátky z depozitářů), což zřejmě bude z různých hledisek (interiéry, památkářské hledisko) hodně komplikované.

#### *Volba varianty řešení*

Centrální odvlhčování proti decentralním jednotkám má:

##### **Výhody**

- Vymístění odvlhčovacích strojů z depozitářů
- Prakticky nulové riziko havarijního úniku vody na podlahu depozitářů

##### **Nevýhody**

- Nemožnost samostatné regulace vlhkosti nezávisle v jednotlivých depozitářích (resp. velice náročným a složitým řešením)
- Velké rozvody vzduchu (komplikované zejména ve velkých ale nízkých depozitářích 2.01, 01.22)
- náročné stavební úpravy, velké prostupy do stěn
- nutné úpravy rozvodů tepla v rozvodně tepla (z prostorových důvodů)
- vysoká spotřeba energií (zejména elektrické energie)
- provozně náročnější (servis složitějšího zařízení - VZT jednotky, MAR)
- investičně náročnější

Nevýhody centrálního řešení podle mého názoru převažují nad výhodami.

Proto doporučuji decentralní řešení (dále uvedená var. A).

Dále je však uveden i návrh centrálního řešení (var. B), protože byl zvažován.



## ***Vlastnosti návrhu***

Z výše uvedeného rozboru plyne vhodnost použití cirkulačních kondenzačních odvlhčovačů.

### *Koncepce*

Provizorně instalované kondenzační odvlhčovače už jsou používány. Ale je vhodné zvýšit praktičnost.

Pokud nedojde k odstranění zdroje vlhkosti (zemní vlhkost) je pro lepší výsledek nutné

- Optimalizovat výkon  
Galerijní odvlhčovač Dehumid 9H má malý výkon pro zdejší potřeby. Tento odvlhčovač má za úkol vyrovnávat malou produkci vlhkosti v galeriích, nikoliv velký přísun vlhkosti z (vlhké) stavby. K tomu slouží právě stavební odvlhčovače, které jsou výkonnější, a také zde dosahovaly lepších výsledků. (01.22 je příliš velká na 1 stavební odvlhčovač, ale více ks by to zvládlo taky)  
O to se provozovatel průběžně snaží pomocí přesuny odvlhčovačů podle potřebného odvlhčovacího výkonu. Je ale vhodné toto zcela odstranit a zvolit trvalé řešení.
- Stávající umístění odvlhčovačů v některých případech překáží  
Vhodnější by bylo použít nástěnné provedení
- Rovnoměrnost rozmístění  
1 výdech vzduchu na tak velkou plochu a zastavěnou místnost nestačí. To se týká hlavně velkého depozitáře.
- Náročná obsluha  
Hlavně vylévání vody. Nahradiť odtokem do kanalizace + pojistná vana s čidlem přetečení a blokadou přívodu elektřiny
- Spotřeba energií  
Zařízení spotřebovává elektrickou energii. Jakékoliv strojní řešení bude spotřebovávat energii.  
Spotřeba je úměrná potřebnému odvlhčovacímu výkonu. Proto je lepší vlhkost do objektu nedostat – stavební úpravy. Zbytek se musí vyřešit se spotřebou energie.  
V rámci možných technických řešení je zvoleno nejúspornější řešení. (Cirkulační odvlhčovače mají i menší spotřebu, protože nemusí překonávat odpor VZT potrubí, které je u centrálního řešení.)

### *Dimenzování*

Není známé množství vnikající vlhkosti (v l/h), proto návrh byl proveden odhadem (podobné akce) a porovnáním se stávajícím odvlhčováním. Odhad byl stanoven na základě těchto pravidel:

- a) Intenzita výměny vzduchu 5/h
- b) XX l vody srazilo vlhkost o polovinu rozdílu
- c) Malý odvlhčovač Brune 9H výkonově nestačí na 1 depozitář, větší stavební odvlhčovač Trotec ano (většinou)

Poznámka k odvlhčovacímu výkonu strojů:

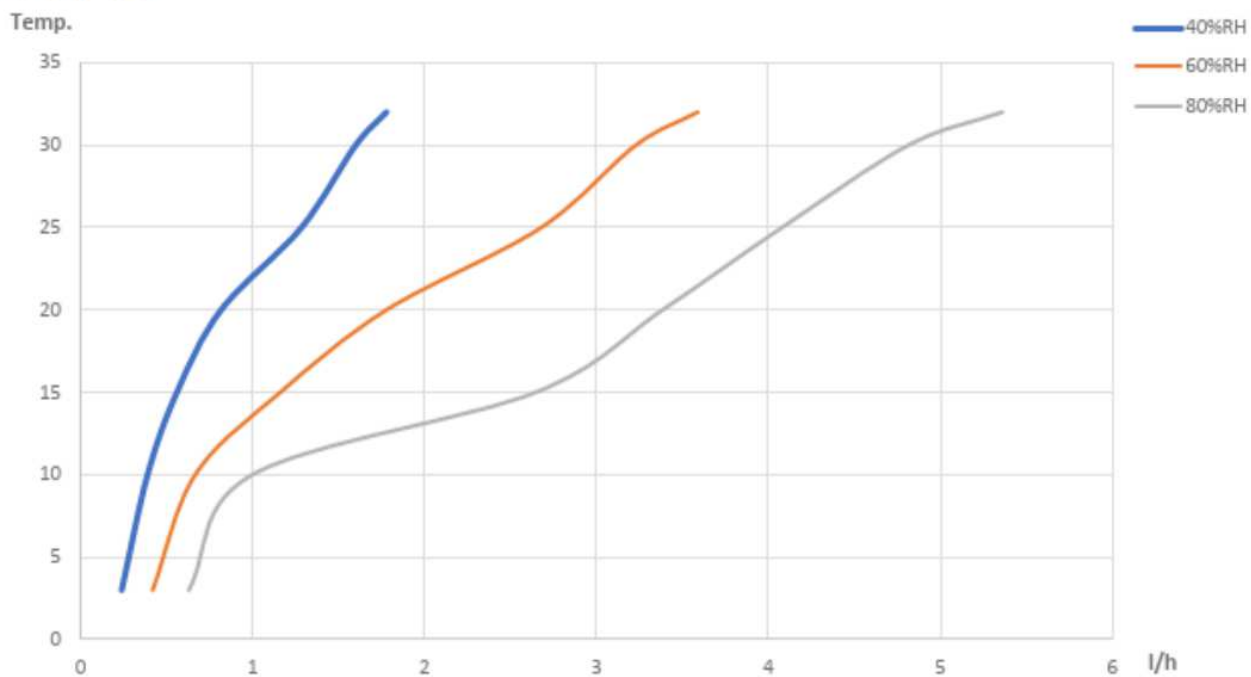
Výrobci udávaný katalogový odvlhčovací výkon je vztažen vždy ke konkrétnímu stavu vzduchu, který je jiný (např. 30°C 80%). Proto je nutno pro konkrétní stroj vždy vyhledat parametr odpovídající navrhovanému provoznímu stavu depozitářů ( tj. 20°C / 50%).

Příklad hodnot pro 1 přístroj:

Stav 30°C 80% : odvlhčovací výkon 4,9 l / h

Stav 20°C 50% : odvlhčovací výkon 1,2 l / h

## CDF 70



Odvlhčovací výkon je závislý od stavu vzduchu. Pro 20°C 50% je jiný. Pro každý přístroj nutno ověřit parametry při těchto hodnotách.

### *Rizika návrhu*

Není známé množství vnikající vlhkosti a návrh zařízení byl proveden odhadem podle stávajícího stavu. Stávající zařízení je tak možné ponechat uloženo (např. ve skladu) jako zálohu.

## Popis řešení

### A) Decentrální odvlhčování

#### Nástěnné odvlhčovače

V prostoru depozitářů budou rozmístěny odvlhčovací jednotky. Odvlhčovací jednotky budou lokální (decentrální). Odvlhčovací jednotky budou pracovat na kondenzačním principu. Vhodné provedení je nástěnné. Nástěnné jednotky budou zavěšeny na stěnu, mohou být i v horní části stěny (pod stropem). Umístění jednotky musí být kompromisem s ohledem na funkci a na zastavění prostoru (zajistit v ideálním případě proudění vzduchu nad regály). Půdorysné umístění jednotek musí být voleno tak, aby místností mohl cirkulovat vzduch z jednotky a aby toto proudění bylo co nejrovnoměrnější. Jinak bude docházet k nerovnoměrné vlhkosti v prostoru.

V běžných malých depozitářích bude 1 ks odvlhčovací jednotky, ve velkých depozitářích (02.01, 01.22) budou minimálně 2 ks. V 01.22 není potřeba tak velký odvlhčovací výkon (na to stačí 1 ks jednotky), ale je nutná dostatečná výměna vzduchu (na objem prostoru) a lepší rovnoměrnost distribuce odvlhčení.



Obr. Odvlhčovací jednotky nástěnné

#### Vytápění

Průvodním jevem odvlhčování kondenzačním principem je přebytečné teplo, které je vyfukováno zpět do prostoru. To přináší efektivitu v tom, že při vyšší teplotě se snižuje relativní vlhkost. Radiátory otopného systému pak musí topit o to méně. To zajistí stávající regulace termostatickými hlavicemi.

V letním období, kdy není potřeba vytápět, se zmíněné teplo odvede prostupem tepla vnějšími stěnami do okolní země, která působí jako chladič.

#### Odvod kondenzátu

Odvlhčování probíhá pomocí kompresorového okruhu, chlazením a ohřevem vzduchu. Vlhkost (vodní pára) odejmutá vzduchu se v případě tohoto principu sráží na kondenzátoru (zkondenzuje) a ve formě kapaliny (vody) je odvedena ze vzduchu. Tuto vodu je nutno z jednotky odvést pryč. Vodu je možné jímát do nádrží a ručně vynášet pryč (jako dosud). To však není praktické a dlouhodobě vhodné řešení, obzvláště v případě velkého množství odvedené vlhkosti (na rozdíl od galerií / depozitářů v nadzemních podlažích relativně suchých budov). Proto je navržen odvod vody do kanalizace.

Nejvhodnějším a nejbezpečnějším systémem odvodu vody je gravitační beztlaký systém (potrubí v celé délce ve spádu – lidově „klasická kanalizace“). Budova je stávající, čerstvě po rekonstrukci, vedení potrubí ve spádu od vyústění z jednotky (dolní část jednotky) by znamenalo zásahy do podlah. Proto je navrženo méně bezpečné řešení (a z toho důvodu v depozitářích běžně nepoužívané řešení). Na výstup kondenzátu z každého odvlhčovače bude napojeno kondenzátní čerpadlo, které vodu vyčerpá potrubím pod strop. Tato svislá část potrubí je přetlaková. Pod stropem pak bude běžné beztlaké potrubí pro gravitační odvod vody do kanalizace. Potrubí bude vedeno viditelně, aby se nemusela dodatečně dělat drážka do zdi (co nejvíce vyloučit prašné práce v depozitářích). Potrubí odvodu vody bude plastové, o průměru řádově jednotky cm (do 5 cm). Potrubí odvodu vody bude napojeno do kanalizace na WC.

Pro zvýšení bezpečnosti doporučuji pod odvlhčovací jednotku umístit pojistnou vanu (mělká vanička). Do této vaničky se může položit kondenzátní čerpadlo. V případě poruchy čerpadla bude voda přetékat do pojistné vany.

## Regulace odvlhčování

Odvlhčovače jsou elektrická zařízení, je nutné k nim přivést elektrické napájení.

Odvlhčovací jednotka bude vybavena externím hygrostatem umístěným ve zvoleném („referenčním“) bodě místnosti. Účelem je přesnější regulace vlhkosti než hygrostatem vestavěným přímo v odvlhčovači.

Blokace odvlhčovače v případě poruchy kondenzátního čerpadla: V případě instalace pojistných van doporučuji vany osadit hladinovým spínačem. Pokud se ve vaně objeví voda, spínač sepne kontakt a přeruší napájení odvlhčovače.

## Větrání

Výše uvedené odvlhčovače zajišťují regulaci vlhkosti v prostoru. V určitém minimálním množství je nutné zajistit i větrání prostorů (jak z hlediska stavebního, tak z hlediska hygienické výměny pro pobyt osob). Větrání je možné řešit přirozeným způsobem otevíratelnými okny, případně dveřmi. K tomu je nutná občasná přítomnost osob v depozitářích (každý depozitář má na starost někdo jiný).

Druhou možností je navrhnout automatické větrání v rozsahu základní celoroční výměny vzduchu. Toto větrání by bylo nezávislé na přítomnosti osob a tyto osoby by větrání nemusely ovládat (otevírat okna, dveře). Toto větrání by bylo nucené, vzduchotechnickým zařízením. Toto zařízení bude zajišťovat jen nutnou výměnu vzduchu, nikoliv odvlhčování a vytápění. Větrací zařízení bude bez směšování a cirkulace vzduchu, tj. nebude docházet k promíchávání vzduchu mezi depozitáři (Pozn: Kromě malého množství vzduchu v době, kdy by bylo větrací zařízení vypnuté a vzduch aerací volně proudil skrz vzduchovody mezi depozitáři – podobně jako při otevřených dveřích.). Toto řešení umožní při běžném průměrném provozu větrat i bez otevření oken a s určitou energetickou úsporou (zařízení bude vybaveno rekuperací tepla). Větrání tohoto typu je řízené.

Volbu způsobu větrání by měl provést uživatel / investor. Dále je popsáno zmíněné nucené větrání.

Navržená výměna vzduchu je 0,3-0,5 h<sup>-1</sup>. Větrání bude nuceným způsobem, vzduchotechnickým zařízením. Větrání bude řešeno centrálními VZT jednotkami s přívodem a odvodem vzduchu VZT potrubím do/z větraných místností (depozitářů). Uvažovány jsou 2 malé VZT jednotky. 1 VZT jednotka slouží pro 2 velké depozitáře (02.01, 01.22), druhá VZT jednotka slouží pro ostatní (malé) depozitáře.

Množství větracího vzduchu pro každou VZT jednotku je uvažováno do 450 m<sup>3</sup>/h. To je intenzita výměny vzduchu kolem 0,5 h<sup>-1</sup>. Pro (výjimečnou) nárazovou vyšší potřebu větrání je možno otevřít okna nebo dveře). Tato koncepce umožní malou potřebnou velikost prostoru pro umístění VZT jednotek, nízké investiční i provozní náklady, nízká spotřeba energií, snadná obsluha a údržba

Centrální VZT jednotky pracují s čerstvým vzduchem. VZT jednotka je vždy vybavena zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu. VZT jednotka bude umístěna v zázemí (rozvodna tepla 01.21). Nasávání čerstvého vzduchu bude oknem, výfuk vzduchu bude oknem v protilehlém rohu (křížem). Z estetických důvodů bude kryt celé původní okno jedna velká společná žaluzie (pravděpodobně výrobek nějaké specializované profese). Druhou variantou je zavedení výfuku do sousedního okna (okno depozitáře). Od VZT jednotky povede potrubí do depozitářů a v depozitářích pod stropem.



Obr. VZT jednotka v nástěnném provedení

## Regulace větrání

VZT jednotka větrá najednou vždy celý blok depozitářů. Neuvažujeme s regulací množství vzduchu v každém depozitáři zvlášť / důvodu investičních nákladů, zachování jednoduchého řešení instalačního, ovládacího a řízení). Výše uvedená intenzita větrání je maximální navržená, uživatel během provozu nastaví nižší výměnu vzduchu dle skutečné potřeby.

VZT jednotky mají vlastní autonomní regulaci. Dále je nutno zajistit blokaci chodu VZT od EPS.

Pro větší komfort ovládání je vhodné (doporučené) přivést k VZT jednotkám ethernet (profese SLP). Bude tak možné nastavení provádět i přes jednoduché rozhraní v PC.

## **B) Centrální odvlhčování**

Tuto variantu nepovažuji za úplně vhodnou, proto není doporučena. Uvedena je proto, že byla zvažována.

### *Centrální VZT jednotky*

Centrální odvlhčovací jednotky budou umístěny v rozvodně tepla (01.21) Odvlhčovací jednotky budou pracovat na kondenzačním principu.



Obr. Centrální odvlhčovací jednotka

V depozitářích pod stropem budou pouze potrubní rozvody VZT. Z centrálních VZT jednotek povedou potrubí přívodu a odvodu vzduchu do/z místností (depozitářů). Uvažovány jsou 3 VZT odvlhčovací jednotky. 2 VZT jednotky pro velké depozitáře (02.01, 01.22), třetí VZT jednotka slouží pro ostatní (malé) depozitáře. Přisávání čerstvého vzduchu bude řešeno stejným způsobem jako ve variantě A, tedy oknem, výfuk vzduchu bude oknem v protilehlém rohu (křížem), případně 2 okny.

### *Vytápění*

Koncept vytápění je stejný jako u varianty A

I zde v odvlhčovacích jednotkách (z principu) vzniká přebytečné teplo, které je vyfukováno zpět do prostoru. Radiátory otopného systému jsou opět regulovány stávajícími termostatickými hlavicemi.

### *Odvod kondenzátu*

I zde v odvlhčovacích VZT jednotkách (z principu) vzniká kondenzát. Kondenzát však vzniká v prostoru jednotek, tj. v rozvodně tepla 01.21. Vodu je nutno odvést do kanalizace potrubím (stejným způsobem jako ve variantě A).

### *Regulace*

Odvlhčovací VZT jednotky jsou elektrická zařízení, je nutné k nim přivést elektrické napájení.

Kromě toho je nutné vybudovat systém regulace.

Každá VZT odvlhčovací jednotka bude mít vlastní regulaci. Regulovat však jde vždy jen na 1 vlhkost (depozitář). Je nutno zajistit blokadu chodu VZT od EPS.

### *Větrání*

Větrání zajistí přidávání vzduchu do odvlhčovacích VZT jednotek zvenku. Pouze malá část (10%) vzduchu je zvenku, většina vzduchu jen cirkuluje z depozitářů přes VZT odvlhčovací jednotku zpět do depozitářů. Z tohoto principu je zřejmé, že vzduch se mezi depozitáři smíchává. (Je otázka, zda to v principu vadí.)

## ***Závěr***

Jak je uvedeno výše, rozumnější je varianta A s decentrálními odvlhčovacími jednotkami pracujícími na kondenzačním principu. Jedná se v principu o podobné jednotky, jaké už jsou provizorně provozovány. Návrh však řeší kritické body související s užíváním (nedostatečný výkon, náročná obsluha, bezpečnost provozu).

## ***Přílohy***

Bilance Stávající stav	tabulka
Bilance Návrh	tabulka
Schéma Varianta A	výkres
Schéma Varianta B	výkres

**MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ**  
**ODBORNÉ PRACOVÍSTĚ GAYEROVA KASÁRNA**  
**SANACE VLHKÉHO ZDIVA**  
**TECHNIKA PROSTŘEDÍ**

**BILANCE STÁVAJÍCÍ STAV**

Místnost č.místn.	plocha m <sup>2</sup>	výška m	objem m <sup>3</sup>	Požadované	Stávající stav			vlhkost rel. stav prostředí	Stávající odvlhčovač					
				vlhkost rel. %	stroj odvlh.	odvlh.výkon l / týden	Ø l / h		typ	princip	provedení	odvlh.výkon l / h* (20°C)	množství v m <sup>3</sup> /h	int.vým.vzd h-1
01.22	230	2	460	45-55%	ne			55-65% nevyhovuje						
02.01	211	2	422	do 50%	ano	55	0,33	55-65% nevyhovuje	Trotec TTK 355S	kondenzační	stavební	0,72	1000	2,4
01.20	87	3	261	45-55%	ano	50	0,30	45-55% OK	Trotec TTK 355S	kondenzační	stavební	0,72	1000	3,8
01.19	38	3	115	do 50%	ne			70%						
01.18	76	3	227	45-55%	ano	50	0,30	55% OK	Trotec TTK 355S	kondenzační	stavební	0,72	1000	4,4
01.17	45	3	136	45-55%	ano	40	0,24	65% nevyhovuje	Brune Dehumid 9H	kondenzační	galerijní	0,16	260	1,9
01.16	33	3	100	45-55%	ano	40	0,24	OK	Brune Dehumid 9H	kondenzační	galerijní	0,16	260	2,6
01.15	34	3	101	45-55%	ano	40	0,24	OK	Brune Dehumid 9H	kondenzační	galerijní	0,16	260	2,6
01.14	27	3	81		ne, jen odtah									
01.13	18	3	53		ne, jen odtah									

Poznámka \* Hodnoty jsou odhadnuty pro stav vzduchu 20°C/50%. Dosud byl skutečný stav jiný (21°C/60%), pro tento stav jsou jednotky výkonnější. Proto stávající odvlhčení (a vynesené množství vody) je jiné.

**MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ**  
**ODBORNÉ PRACOVÍSTĚ GAYEROVA KASÁRNA**  
**SANACE VLHKÉHO ZDIVA**  
**TECHNIKA PROSTŘEDÍ**

**BILANCE NÁVRH**

Místnost č.místn.	plocha m <sup>2</sup>	výška m	objem m <sup>3</sup>	Požadované vlhkost rel. %	Potřeba odvlhčování (pouze odhad!)			Nový odvlhčovač typ (příklad)	princip	provedení	odvlh.výkon m <sup>3</sup> /h	množství v int.vým.vzd m <sup>3</sup> /h	v int.vým.vzd h-1
					stroj odvlh.	odvlh.výkon l / týden	vlhkost rel proti souč.stavu Ø l / h						
01.22	230	2	460	45-55%	ano	55	0,33 o 10% méně	Calorex DH60 2x	kondenzační	nástěnný	2,4	2000	4,3
02.01	211	2	422	do 50%	ano	137,5	0,82 o 15% méně	Calorex DH60 2x	kondenzační	nástěnný	2,4	2000	4,7
01.20	87	3	261	45-55%	ano	50	0,30 stejná	Calorex DH60	kondenzační	nástěnný	1,2	1000	3,8
01.19	38	3	115	do 50%	ano	50	0,30 o 20% méně	Calorex DH30	kondenzační	nástěnný	0,6	500	4,4
01.18	76	3	227	45-55%	ano	50	0,30 stejná	Calorex DH60	kondenzační	nástěnný	1,2	1000	4,4
01.17	45	3	136	45-55%	ano	80	0,48 o 10% méně	Calorex DH30	kondenzační	nástěnný	0,6	500	3,7
01.16	33	3	100	45-55%	ano	40	0,24 stejná	Calorex DH30	kondenzační	nástěnný	0,6	500	5,0
01.15	34	3	101	45-55%	ano	40	0,24 stejná	Calorex DH30	kondenzační	nástěnný	0,6	500	5,0
01.14	27	3	81		ne, jen odtah								
01.13	18	3	53		ne, jen odtah								





MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ  
ODBORNÉ PRACOVÍŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA  
SANACE VLHKÉHO ZDIVA

TECHNIKA PROSTŘEDÍ

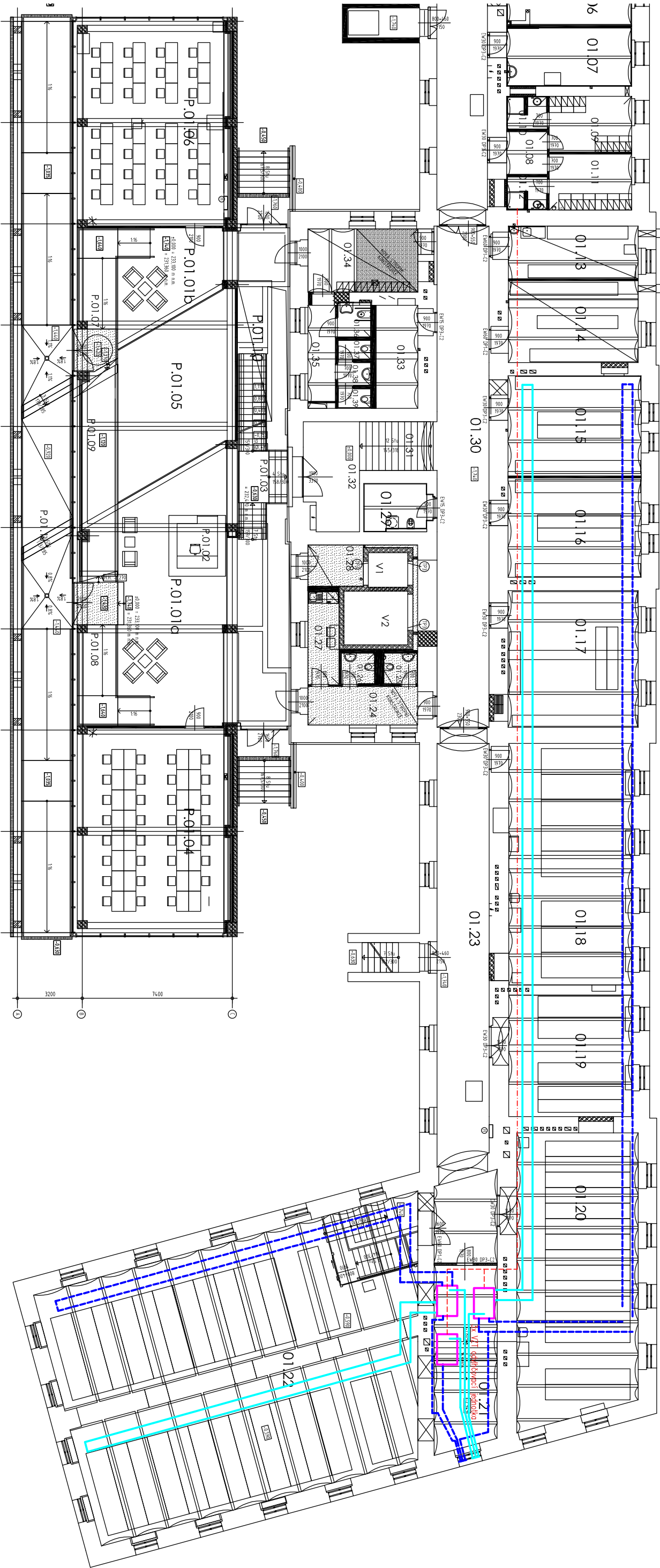
SCHEMA  
VARIANTA B  
CENTRÁLNÍ ODVLHČOVÁNÍ

LEGENDA

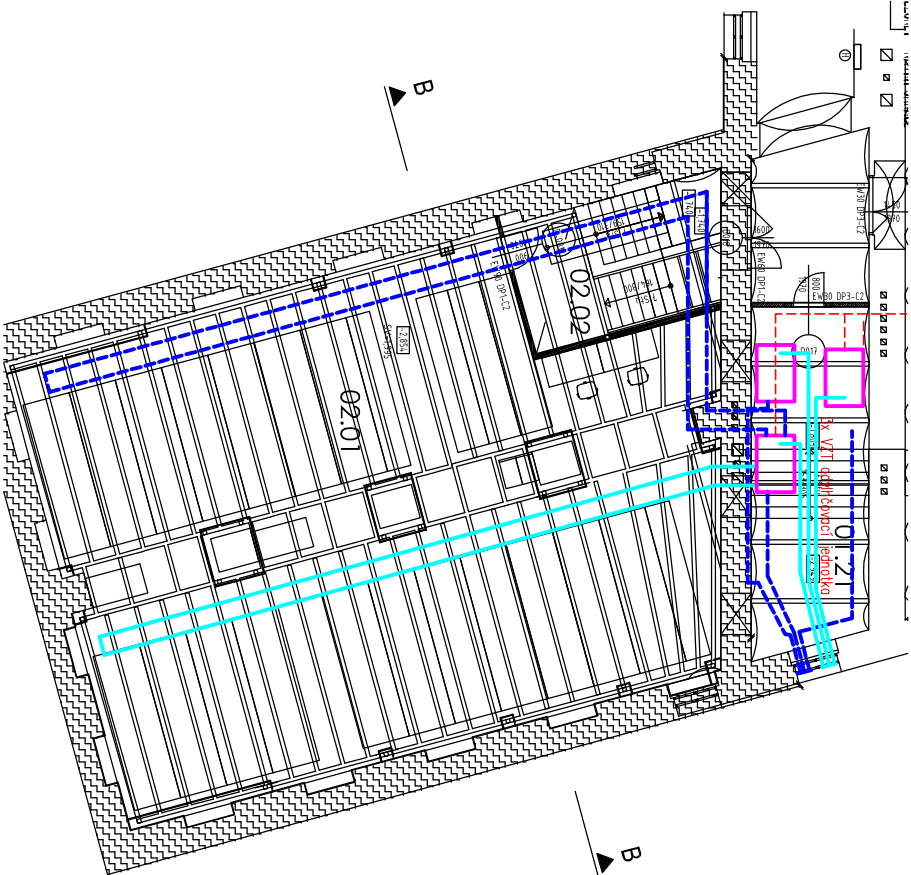
ODVLHČOVÁNÍ A VĚTRÁNÍ:

- VZI odvlhčovací jednotka
- VZI potrubí přívodní
- VZI potrubí odvodní
- ZTI potrubí kondenzátní

1PP



2PP



**MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ**  
**ODBORNÉ PRACOVIŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA**  
**SANACE VLHKÉHO ZDIVA**  
**TECHNIKA PROSTŘEDÍ**

**ODHAD INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ**

datum 18.07.2023  
stupeň STU  
profese **Technika prostředí**  
zpracoval Mikroklima s.r.o., Jiří Kaplan

**Varianta A Decentrální odvlhčování**

HVAC		OIN Kč
<i>Odvlhčování</i>		
VZT	10x odvlhčovač nástěnný konde	1 300 000 Kč
VZT-ZTI	10x kondenzátní čerpadlo	150 000 Kč
VZT-ZTI	10x pojistná vana	50 000 Kč
VZT-ZTI	kondenzátní potrubí	150 000 Kč
MAR	10x hygroskop	150 000 Kč
MAR	10x hladinový spínač+blokace	190 000 Kč
MAR-EL-SI	elektroinstalace	150 000 Kč
<i>Větrání nucené</i>		
VZT	VZT jednotka 2x (vč.aut.MAR)	200 000 Kč
VZT	VZT potrubí , ostatní	500 000 Kč
MAR	regulace zapojení, ostatní	50 000 Kč
MAR-EL-SI	elektroinstalace	10 000 Kč
<i>Mezisoučty</i>		
	Odvlhčování	2 140 000 Kč
	Větrání nucené	760 000 Kč
Celkem	Odvlhčování+větrání	2 900 000 Kč

**MUZEUM VÝCHODNÍCH ČECH HRADEC KRÁLOVÉ**  
**ODBORNÉ PRACOVÍŠTĚ GAYEROVA KASÁRNA**  
**SANACE VLHKÉHO ZDIVA**  
**TECHNIKA PROSTŘEDÍ**

**ODHAD INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ**

datum 18.07.2023  
stupeň STU  
profese **Technika prostředí**  
zpracoval Mikroklima s.r.o., Jiří Kaplan

**Varianta B Centrální odvlhčování**

HVAC		OIN Kč
<i>Odvlhčování</i>		
VZT	3x VZT jednotka odvlhčovací	2 400 000 Kč
VZT	VZT potrubní rozvody, vyústky	1 200 000 Kč
VZT-ZTI	odvod kondenzátu	50 000 Kč
MAR	3x hygrostat	50 000 Kč
MAR-EL-SI	elektroinstalace	50 000 Kč
<i>Větrání nucené</i>		
VZT	VZT ventilátory, potrubní rozvody	150 000 Kč
<i>Mezisoučty</i>		
	Odvlhčování	3 750 000 Kč
	Větrání nucené	150 000 Kč
Celkem	Odvlhčování+větrání	3 900 000 Kč