

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA
STAVEBNÍ



DIPLOMOVÁ
PRÁCE

2024

Bc. EDITA
ŠMAHELOVÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb

**Stavební úpravy objektu vodní tvrze s důrazem na snížení
energetické náročnosti a na návrh vhodného vnitřního prostředí
objektu**

**Construction modification of the water fortress with an effort to
reduction of the energy performance and the design of equal
interior environment**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Edita Šmahelová

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šmahelová Jméno: Edita Osobní číslo: 486005

Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb, k124

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor/specializace: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Stavební úpravy objektu vodní tvrze s důrazem na snížení energetické náročnosti a na návrh vhodného vnitřního prostředí objektu

Název diplomové práce anglicky: Construction modification of the water fortress with an effort to reduction of the energy performance and the design of equal interior environment

Pokyny pro vypracování:

Analytická a koncepční část:

- (1) Analýza stávajícího stavu objektu a návrh požadavků na stavební konstrukce a na vnitřní prostředí podle zadaného navrhovaného stavu objektu
- (2) Variantní návrh obálky budovy a jejich tepelně-technické posouzení
- (3) Tepelně-technické posouzení vybraných kritických detailů (min. 5)
- (4) Variantní návrh a vyhodnocení energetické koncepce objektu
- (5) Variantní návrh konceptu TZB - koordinace ZTI, větrání, vytápění, ohřev TV, zdroj tepla, zdroj energie
- (6) Návrh konstrukčního systému krovu s vestavěnými podlažními podle zadaného navrhovaného stavu objektu

Projektová část:

Zpracování projektové dokumentace zvolené varianty v úrovni pro provedení stavby zahrnující části: A. Průvodní zpráva, B. Souhrnná technická zpráva, C.3 Koordinační situace, D.1.1 Architektonicko stavební řešení, D.1.2 Stavebně konstrukční řešení (v rámci statického výpočtu pouze návrh/posouzení dimenzí nosných konstrukcí) Zpracování koncepčního řešení D.1.3. Požárně bezpečnostní řešení stavby - koncepce, D.1.4. Technika prostředí staveb vč. předběžného návrhu zdrojů a distribuce tepla a chladu, předběžný návrh VZT, návrh PV zdroje, trasování vnitřního vodovodu a kanalizace, hospodaření s dešťovou vodou

Seznam doporučené literatury:

HAZUCHA, J.: Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy
VINAŘ, J., KYNCL, J.: Historické krovy
STRAKA, B., POKORNÝ, M. a kol.: Konstrukce šikmých střech
TYWONIAK, J. a kol.: Nízkoenergetické a pasivní domy 1 až 4

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 27.9.2023

Termín odevzdání DP v IS KOS: 8.1.2024
Údaj uveďte v souladu s názvem ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

27.9.2023
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Edita Šmahelová

Název diplomové práce: Stavební úpravy objektu vodní tvrze s důrazem na snížení energetické náročnosti a na návrh vhodného vnitřního prostředí objektu

Základní část: Katedra konstrukcí pozemních staveb podíl: 70 %

Formulace úkolů: Analytická, koncepční a projekční činnost v rámci DP

Podpis vedoucího DP: 


Datum: 20.12.2023

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Dřevěné konstrukce podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Lukáš Velebil, Ph.D., K134

Formulace úkolů: Statické posouzení 3 nosných prvků, technická zpráva, řešení 1 vybraného konstrukčního detailu

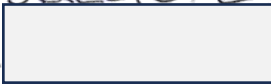
Podpis konzultanta: 

Datum: 6.10.2023

3. Část: Technické zařízení budov podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D., K125

Formulace úkolů: KONCEPT ŘEŠENÍ VYTÁPĚNÍ, VĚTRÁNÍ A ZDRAVO
TECHNICKY OBJEKTU. ENERGETICKÁ BILANCE.

Podpis konzultanta: 

Datum: 6.10.2023

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího Ing. Kamila Staňka, Ph.D., a zbylých konzultantů.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

.....

Podpis

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce, Ing. Kamilu Staňkovi, Ph.D., za jeho odborné vedení a vstřícný přístup při vypracování mé práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Daniele Šejnové Pitelkové, doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D., Ing. Lukáši Velebilovi, Ph.D. a Ing. arch. Petru Hejtmánkovi, Ph.D. za vstřícné poskytnutí konzultací a cenných rad.

Anotace:

Předmětem diplomové práce je návrh stavebních úprav, vestavby a přístavby historického objektu vodní tvrze v Třebnouševsi. Práce je rozdělena na část analyticko-koncepční a část projekční.

První část se zabývá analýzou stávajícího stavu objektu a návrhem požadavků na stavební konstrukce a na vnitřní prostředí podle zadaného navrhovaného stavu objektu. Její součástí je také návrh energetické koncepce s důrazem na snížení energetické náročnosti budovy.

V druhé části je vypracována projektová dokumentace v úrovni pro provádění stavby, která zahrnuje průvodní a souhrnně technickou zprávu, koordinační situaci, architektonicko-stavební řešení, stavebně konstrukční řešení, požárně bezpečnostní řešení a techniku prostředí staveb. Ve stavebně konstrukční části je mimo jiné podrobně vypracováno statické posouzení konstrukčního systému krovu s vestavěnými podlažními podle zadané architektonické studie. Součástí je také návrh a tepelně-technické posouzení skladeb konstrukcí a kritických detailů.

Klíčová slova: vodní tvrz, stavební úpravy, stavebně-technický průzkum, projektová dokumentace pro provádění stavby, energetická náročnost budovy

Annotation:

The subject of the diploma thesis is the design of construction modifications, conversion, and extension of the historical water fortress in Třebnouševs. The work is divided into an analytical-conceptual part and a design part.

The first part deals with the analysis of the current state of the object and the proposal of requirements for building structures and the interior environment based on the specified proposed state of the object. It also includes the design of an energy concept with an emphasis on reducing the energy performance of the building.

In the second part, project documentation is developed at the level for the execution of the construction, which includes an accompanying and summarily technical report, coordination situation, architectural-construction solution, constructional-structural solution, fire safety solution, and technical environment of building. In the constructional-structural part, among other things, a detailed static assessment of the structural system of the roof with integrated floors is elaborated according to the specified architectural study. This part also includes the design and thermal-technical assessment of the construction structure and critical details.

Key words: water fortress, building modifications, construction-technical survey, project documentation for the execution of the construction, energy performance of the building

OBSAH DOKUMENTACE

01. Analytická a koncepční část

A. Průvodní zpráva

B. Souhrnná technická zpráva

C. Koordinační situace

D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

D.1.1 Architektonicko-stavební řešení

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.3 Požárně bezpečnostní řešení

D.1.4 Technika prostředí staveb

E. Dokladová část

E.1 Tepelně technické posouzení skladeb konstrukcí – výstup z programu TEPLLO

E.2 Tepelně vlhkostní posouzení kritických detailů – výstup z programu AREA

E.3 Protokol s výsledky statických výpočtů v programu SCIA Engineer 22.0

E.4 Technické listy

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Diplomová práce

Vodní tvrz

Water fortress

Analytická a koncepční část

Vedoucí práce: Ing. Kamil Staněk, Ph.D.

Vypracovala: Bc. Edita Šmahelová

Datum odevzdání: 08. 01. 2024

Obsah

1. Analýza zadání a technických požadavků na budovu	2
1.1 Základní údaje o stavbě	2
1.2 Zadaná architektonická studie	2
1.3 Požadavky na vnitřní prostředí	3
1.4 Požadavky na průvzdušnost.....	6
1.5 Požadavky na akustiku	7
1.6 Požadavky na součinitel prostupu tepla.....	7
1.7 Statické požadavky	8
1.8 Požadavky na požární bezpečnost	9
1.9 Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a měrné potřeby tepla	10
1.10 Úprava dispozice dle požadavků na budovu	12
2. Stavebně-technický průzkum stávajícího stavu	12
2.1 Stručný popis objektu	12
2.2 Historie objektu	13
2.3 Popis konstrukčního řešení	14
2.4 Popis poruch, analýza jejich možných příčin a návrh sanace.....	20
3. Energetická koncepce objektu	25
3.1 Zdroj tepla.....	25
3.2 Vzduchotechnika	28
3.3 Návrh fotovoltaické elektrárny	29
4. Analýza klimatických dat	29
4.1 Bioklimatický design	29
4.2 Charakteristika klimatu.....	30
5. Seznam použité literatury	35
6. Seznamy obrázků, tabulek a grafů	37

1. Analýza zadání a technických požadavků na budovu

1.1 Základní údaje o stavbě

Název stavby:	Vodní tvrz Třebnouševes
Místo stavby:	Třebnouševes 49, 508 01 Třebnouševes
Charakter stavby:	Stavební úpravy historické budovy, vestavba, přístavba a změna účelu užívání
Zpracovatel PD:	Bc. Edita Šmahelová
Účel:	Diplomová práce

1.2 Zadaná architektonická studie

Předmětem diplomové práce je návrh stavebních úprav, vestavby a přístavby historické budovy vodní tvrze. Podkladem je architektonická studie a zaměření stávajícího stavu.

Ve stávajícím stavu je budova tvořena dvěma nadzemními podlažími, nad kterými se rozprostírá prostorná konstrukce původního dřevěného krovu. Prostor podkroví momentálně není nijak využíván. Objekt je podsklepen pouze částečně, a to pod severovýchodní částí s přístupem z exteriéru. V současnosti není objekt obývaný ani užíván k jinému účelu. Bližším popisem stávajícího stavu se zabývá stavebně-technický průzkum v kapitole číslo 2.

Dle záměru investora by měla být budova nově využívána pro více účelů. První nadzemní podlaží, ve kterém se kromě převažujícího volného prostoru nachází kuchyně a hygienické zázemí pro návštěvníky, bude sloužit jako společenský sál pro příležitostné soukromé akce. Druhé podlaží je architektonickou studií rozděleno na soukromou galerii ve východní části a dva pobytové apartmány v části západní.

Největší změnu doznává dle architektonické studie podkrovní prostor, do kterého budou vestavována dvě nová užitná podlaží v jeho celé půdorysné ploše. Ve třetím nadzemním podlaží, jehož vodorovnou nosnou konstrukci tvoří dle studie vazné trámy, se bude nacházet 7 bytovacích jednotek, tzv. temných komor, sloužících pro dočasné pobyty hostů. Ve čtvrtém podlaží, uloženém na první úrovni hambáleků, se v jedné části rozprostírá noclehárna s hygienickým zázemím pro ubytované a v části druhé soukromý rekreační byt investorů. Tento byt navíc disponuje střešní terasou, která se nachází v pátém nadzemním podlaží, ležícím na druhé úrovni hambáleků.

Přáním investorů je zachování původní konstrukce krovu, která by měla být v podkrovních prostorách viditelná. Statickým posouzením únosnosti stávajícího krovu a případným návrhem nové konstrukce se zabývá část D.1.2 této práce.

1.3 Požadavky na vnitřní prostředí

Návrhové hodnoty vnitřní teploty v zimě a relativní vlhkosti vnitřního vzduchu se řídí normou ČSN 73 0540-3 [1] (Tabulka 1).

Tabulka 1 - Návrhové hodnoty vnitřního prostředí

Druh budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí	Návrhová vnitřní teplota v zimním období [°C]	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu [%]
1 Obytné budovy		
1.2 Občasně užívané (rekreační) - v době provozu		
Obývací místnosti	20	50
Kuchyně	20	50
Koupelny	24	80
Vytápěné vedlejší místnosti (předsíně, chodby, aj.)	15	50
6 Hotely a restaurace		
Pokoje pro hosty	20	50
Koupelny	24	80
Hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály	20	50
Hlavní schodiště	15	50
Kuchyně	24	80
Vedlejší místnosti (chodby, klozety, aj.)	15	50
7 Koleje a ubytovny		
Společná noclehárna	16-18	50
Umývárny	24	80
8 Divadla, kina, koncertní sály a jiné kulturní místnosti		
Výstavní sály	15	55

Zvláštní pozornost ve stanovení požadavků na vnitřní klima je věnována prostoru galerie, ve které budou vystavována výtvarná díla, malovaná převážně olejomalbou a akvarelem. Jedním z hlavních vlivů ohrožujících stabilitu malířských děl je vysoká nebo naopak nízká relativní vlhkost, především pak její náhlé skokové změny. Při zvýšené teplotě dochází k urychlení chemické, biologické a fyzikální degradace u většiny materiálů vystavených děl. Také prudké výkyvy teplot představují riziko. Obecně by

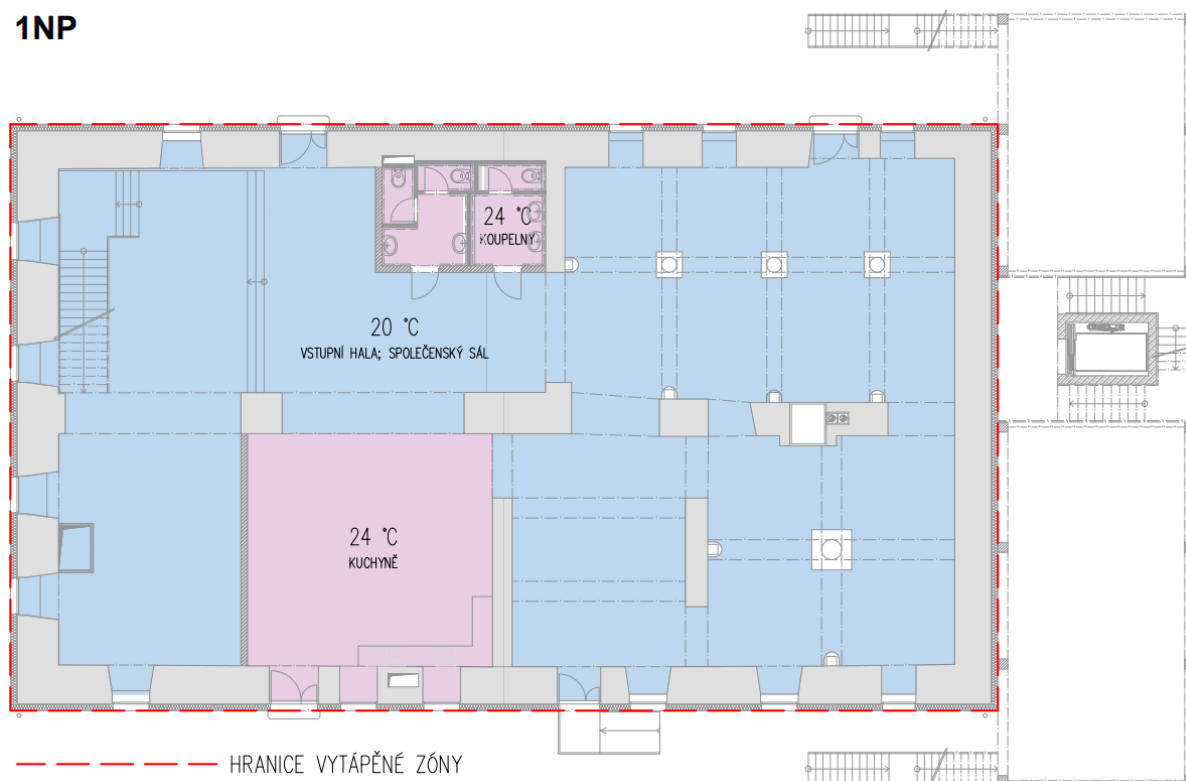
proto v tomto prostoru měly být stabilně chladné a suché podmínky, které budou zajištěny řízeným nuceným větráním. Riziko, v podobě blednutí barev a strukturálních změn obrazů, představuje i vyšší hodnota UV složky z přímého slunečního záření a vyšší intenzita umělého osvětlení. Z důvodu předpokládané nízké návštěvnosti galerie budou díla chráněna vůči světlu pomocí speciálních textilií, které budou zavěšené přímo na obrazech. Normové návrhové hodnoty pro prostory výstavních sálů uvedené v tabulce 1 jsou ve shodě s metodikou Národního památkového ústavu pro expozici výtvarných děl.

Požadované hodnoty pro výtvarná díla dle metodiky NPÚ [2]:

- Relativní vlhkost: 40–60 %
- Teplota: 10–25 °C
- Intenzita osvětlení: 50–200 lx

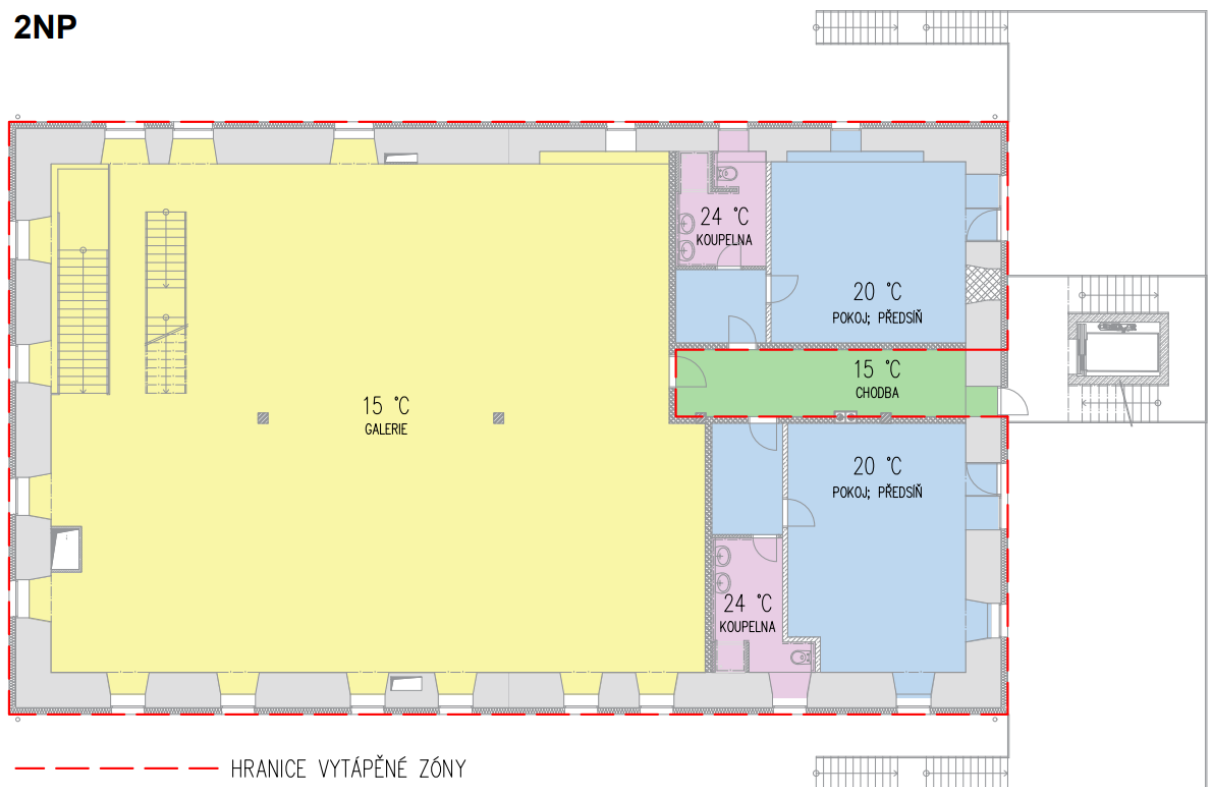
Následující schémata (obr. 1 až obr. 4) znázorňují vnitřní návrhové teploty a hranici vytápěné zóny v půdorysech jednotlivých podlaží .

1NP



obr. 1 - Schéma návrhových teplot 1.NP

2NP

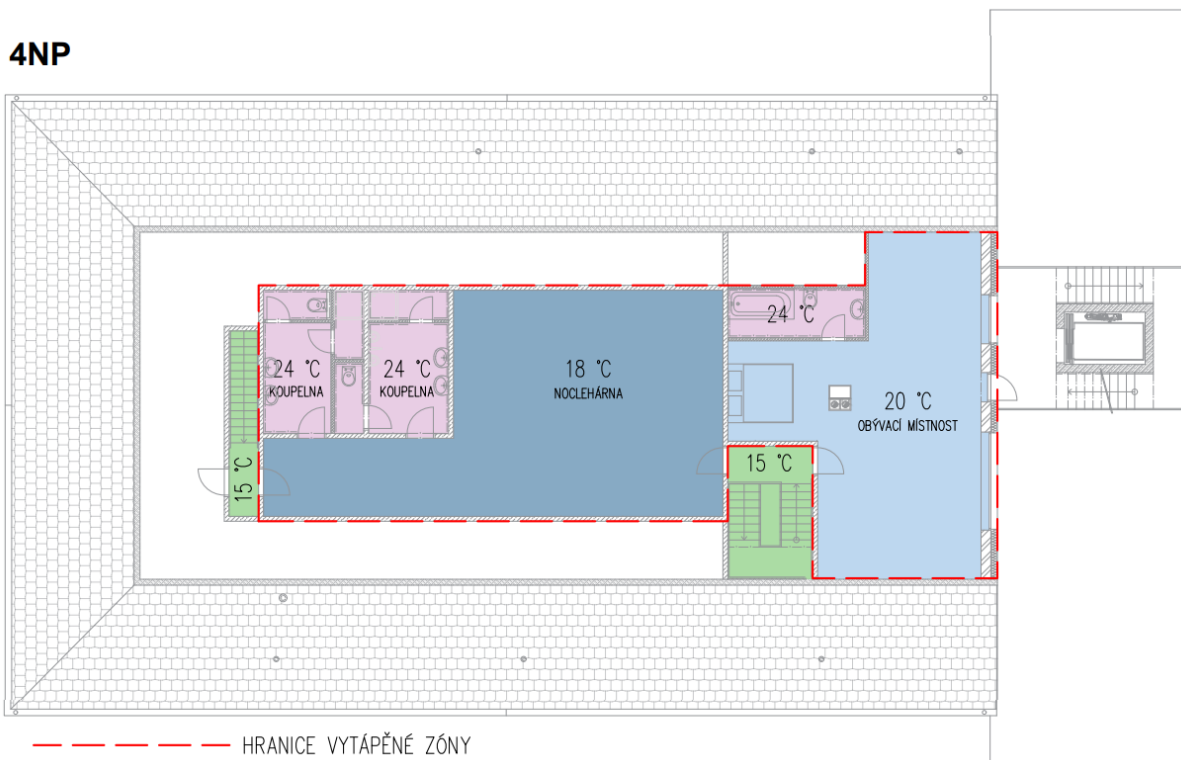


obr. 2 - Schéma návrhových teplot 2.NP

3NP



obr. 3 - Schéma návrhových teplot 3.NP



obr. 4 - Schéma návrhových teplot 4.NP

Požadované návrhové hodnoty pro větrání vychází z normy ČSN EN 15665/Z1 [3]. Tato norma ukládá základní požadavek na zajištění trvalého větrání s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorách. Pro pobytové místnosti se dle vyhlášky č. 6/2003 Sb. [4] stanovuje množství vyměněného vzduchu s ohledem na množství osob a vykonávanou činnost. Detailní výpočet množství přiváděného vzduchu je řešen v části D.1.4 – Technika prostředí stavby.

1.4 Požadavky na průvzdušnost

Dle normy ČSN 73 0540-2 [5] nejsou v obvodových konstrukcích přípustné netěsnosti a neutěsněné spáry, kromě funkčních spár výplní otvorů. Těsnost obálky budovy vyjadřuje hodnota $n_{50} [\text{h}^{-1}]$ neboli celková intenzita výměny vzduchu infiltrací při tlakovém rozdílu 50 Pa. Hodnota n_{50} je stanovena experimentálně, tzv. Blower-door testem, podle ČSN EN ISO 9972 [6].

Pro pasivní stavby, které jsou větrány nuceně se zpětným získáváním tepla (ZZT), což je i případ řešené budovy, nesmí hodnota n_{50} překročit hodnotu $n_{50,N} = 0,6 \text{ h}^{-1}$, tedy za hodinu se nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu vzduchu v budově. Přednostně je však doporučena hodnota $n_{50,N} = 0,4 \text{ h}^{-1}$.

1.5 Požadavky na akustiku

Dělicí konstrukce budou navrženy s ohledem na akustické požadavky dle normy ČSN 73 0532 [7]. Sledovanou veličinou u dělicích stěn je vážená stavební neprůzvučnost R'_{w} [dB]. Pro stropy je navíc posuzována ještě vážená normová hladina akustického tlaku kročejového zvuku (tzv. kročejová neprůzvučnost) $L'_{n,w}$ [dB]

Tabulka 2 - Požadavky na zvukovou izolaci

Chráněný prostor					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		R'_{w}	$L'_{n,w}$	R'_{w}	R'_{w}
		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
B. Bytové domy – obytné místnosti					
2	Všechny místnosti druhých bytů, včetně příslušenství	≥ 54	≤ 53	≥ 53	-
4	Společné prostory domu (schodiště, chodby,...)	≥ 52	≤ 53	≥ 52	≥ 37
D. Hotely a zařízení pro přechodné ubytování – ložnicový prostor ubytovacích jednotek					
9	Všechny místnosti druhých jednotek	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 42
10	Společně užívané prostory (chodby, schodiště)	≥ 53	≤ 58	≥ 45	≥ 32 ¹⁾ ≥ 27 ²⁾
11	Restaurace a jiné provozovny s provozem do 22.00 h	≥ 57	≤ 53	≥ 57	-
12	Restaurace a provozovny s provozem i po 22.00 h ($L_{Amax} \leq 85$ dB)	≥ 62	≤ 48	≥ 62	-

¹⁾ Platí pro vstupní dveře ze společných prostor domu (chodby) přímo do chráněné obytné místnosti

²⁾ Platí pro vstupní dveře z chodby do předsíně (vstupní haly) bytu, je-li chráněný prostor místností oddělen dalšími dveřmi.

1.6 Požadavky na součinitel prostupu tepla

Návrh konstrukcí se řídí přednostně doporučenými hodnotami pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ dle normy ČSN 73 0540-2 [5]. V určitých případech, kdy by konstrukce skladby dosahovala iracionálních rozměrů, bude uznána za vhodnou i mírnější hodnota doporučená, tedy $U_{rec,20}$.

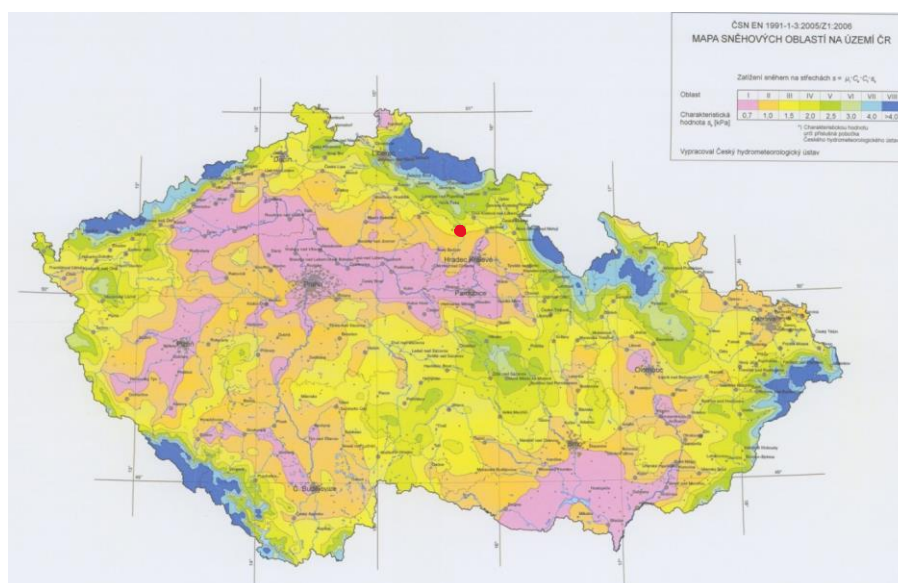
Tabulka 3 - Požadavky na součinitel prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m ² *K]	
	Doporučené hodnoty U_{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U_{pas,20}
Stěna vnější	0,25	0,18 až 0,12
Střecha plochá a strmá se sklonem do 45° včetně	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,30	0,22 až 0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,20	0,8 až 0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru k venkovnímu prostředí (včetně rámu)	1,20	0,9

1.7 Statické požadavky

1.7.1 Zatížení sněhem

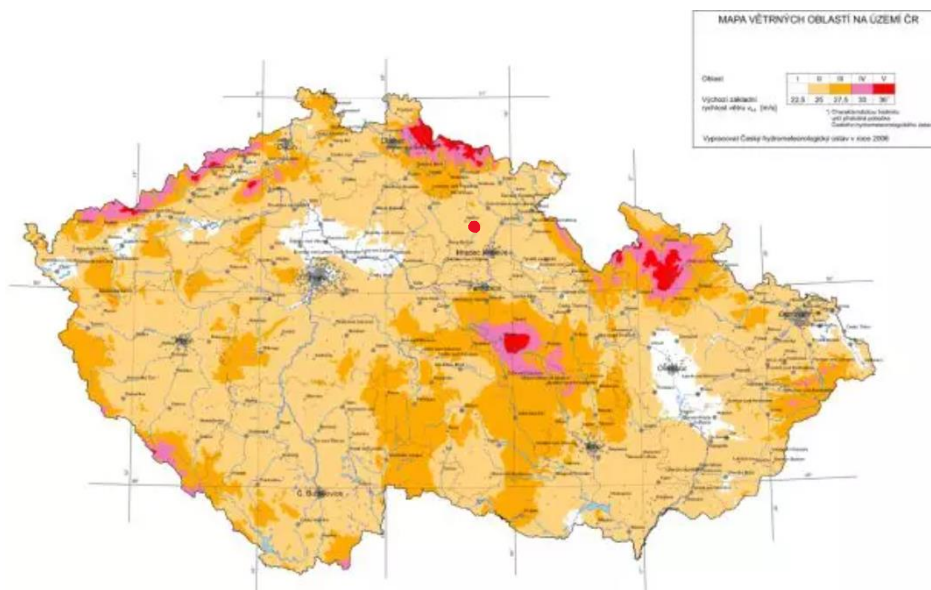
- Lokalita: Třebnouševy – sněhová oblast III (obr. 5)
- Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi: $s_k = 1,5$ kPa



obr. 5 - Mapa sněhových oblastí na území ČR [8]

1.7.2 Zatížení větrem

- Lokalita: Třebnouševy – větrná oblast II (obr. 6)
- Výchozí základní rychlost větru: $v_{b,0} = 25$ m/s



obr. 6 - Mapa větrných oblastí na území ČR [9]

1.7.3 Užitná zatížení

Tabulka 4 – Užitná zatížení

Kategorie		q_k [kN/m ²]
A	Plochy pro domácí a obytné činnosti	
	Stropní konstrukce	1,50
	Schodiště	3,00
C3	Plochy bez překážek pro pohyb osob	5,00
H	Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby	0,75

1.8 Požadavky na požární bezpečnost

Požadavky na požární bezpečnost byly sestaveny na základě platných norem, blíže specifikovaných v části D.1.3 – Požárně bezpečnostní řešení.

Jako důležitá v tomto ohledu figuruje vyhláška č. 23/2008 Sb. [10], která pro budovy OB3 s projektovanou kapacitou ubytování více jak 20 osob, ukládá povinnost vybudování evakuačního výtahu. Jelikož je toto případ i řešené budovy, byl oproti předložené architektonické studii navržen vnější evakuační výtah.

V určitých případech lze dle ČSN 73 0834 [11] na změny staveb uplatňovat omezené či specifické požadavky na PBR. Jelikož je součástí změny tohoto objektu vestavba o více jak jednoho užitné podlaží pro ubytování (OB3), třídí se tato stavba do skupiny III, pro kterou platí plné požadavky požární bezpečnosti.

Po zhodnocení veškerých nosných a požárně dělicích konstrukcí byl konstrukční systém definovaný jako nehořlavý.

Požární úseky (PÚ)

Objekt byl rozčleněn do samostatných požárních úseků, přičemž celý prostor 1.NP společně s galerií v 2.NP a chodbou se skladeb v 3.NP tvoří jeden samostatný úsek. Důvodem je architektonická studie, jejíž záměrem je ponechat tyto prostory prostorově otevřené. Z tohoto důvodu byla rovněž oproti původní dispozici dle architektonické studie navržena přístavba vnějšího schodiště, které plní funkci chráněné únikové cesty. Již samostatné PÚ tvoří jednotlivé apartmány, temné komory, noclehárna a rekreační byt.

Stupeň požární bezpečnosti (SPB)

Pro každý požární úsek bylo následně spočítáno jeho výpočtové požární zatížení a na jeho základě tabulkově určen stupeň požární bezpečnosti. Nejnižší I. SPB platí pro šachty, chodby a schodiště. Ve II. SPB se nachází vnější únikové schodiště s evakuačním výtahem. Ostatní nezmíněné PÚ od 1.PP po 3.NP se shodně nachází ve III. SPB. Nejvyšší IV. SPB platí pro PÚ noclehárny a rekreačního bytu v 4.NP.

V části D.1.3 PD, je dále blíže specifikována minimální požární odolnost konstrukcí a řešení rozmístění únikových cest a obsazenost osobami.

1.9 Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a měrné potřeby tepla

Snahou stavebních úprav je mimo jiné snížení energetické náročnosti budovy, a to s cílem vyhovět alespoň požadovaným hodnotám pro nízkoenergetické budovy. Nízkoenergetické budovy jsou dle ČSN 73 0540-2 [5] charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění, kdy měrná potřeba tepla na vytápění nepřekračuje 50 kWh/(m²a). Dalším kritériem je nepřekročení doporučené hodnoty průměrného součinitele tepla U_{em} (dle *Tabulky 5* této normy[5]). V předběžné analýze bylo však zhodnoceno za vyhovující nepřekročení doporučené tabulkové hodnoty pro pasivní budovy, která činí 0,30 W/(m²K) (v předběžném návrhu dle hodnot pro bytový dům).

Výpočet těchto hodnot je zobrazen v Tabulka 5, přičemž zhodnocení požadavků je provedeno pod ní.

Tabulka 5 – Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a měrné potřeby tepla

ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Základní popis zóny:

Počet osob	n_{os}	60	os
Přítomnost osob (procento času)	p	25%	
Požadovaná vnitřní teplota	θ_i	20	°C
Objem vytápěné zóny	V	6 059,4	m ³
Plocha obalových konstrukcí vytápěné zóny	A	1 969,6	m ²
Podlahová plocha vytápěné zóny	A_f	1553,5	m ²
Objemový faktor tvaru budovy	A/V	0,33	-

POTŘEBA TEPLA

Měrná potřeba tepla budovy:

Měrná potřeba tepla budovy vztažená k vytápěné ploše

E_A	16,2	kWh/(m ² ·a)
-------	------	-------------------------

Měrná potřeba tepla budovy vztažená k vytápěnému objemu

E_V	4,2	kWh/(m ³ ·a)
-------	-----	-------------------------

PROSTUP TEPLA OBÁLKOU BUDOVY

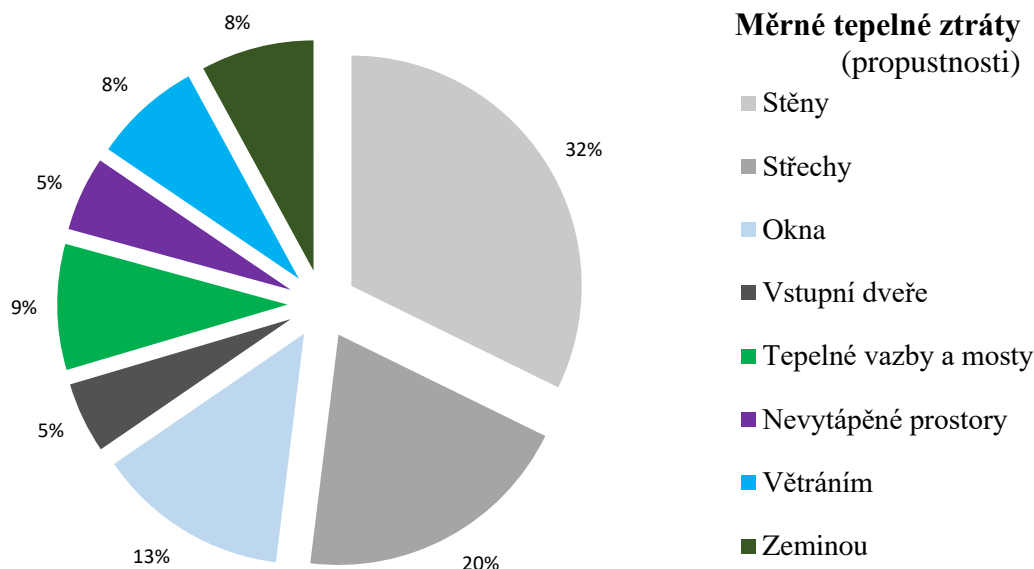
dle ČSN 730540-2

Vypočtená hodnota

U_{em}	0,20	W/(m ² ·K)
----------	------	-----------------------

Rekapitulace měrných tepelných ztrát:

Tepelná propustnost – stěny	$L_{D,1}$	143,9	W/K
Tepelná propustnost – střechy	$L_{D,2}$	87,9	W/K
Tepelná propustnost – okna	$L_{D,3}$	60,1	W/K
Tepelná propustnost – vstupní dveře	$L_{D,4}$	22,2	W/K
Tepelná propustnost – tepelné vazby a mosty	$L_{D,5}$	39,4	W/K
Tepelná propustnost – nevytápěné prostory	$L_{D,6}$	23,4	W/K
Měrná tepelná ztráta prostupem	H_T	353,5	W/K
Měrná tepelná ztráta větráním	H_V	33,7	W/K
Ustálená tepelná propustnost zeminou	L_s	35,5	W/K
Měrná tepelná ztráta (bez ztráty zeminou)	H'	387,3	W/K



graf 1 - Graf měrných tepelných ztrát prostupem přes jednotlivé konstrukce

Posouzení požadavků vytyčených výše

- Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A = 16,2 < 50$ [kWh/(m²a)] >> SPLNĚNO
- Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,20 < 0,30$ [W/(m²K)] >> SPLNĚNO

1.10 Úprava dispozice dle požadavků na budovu

Z důvodu dodržení minimální hodnoty světlé výšky ve shromažďovacích prostorech, která činí 3,0 m, je zapotřebí zvýšit výšku stropní konstrukce ve 2.NP. Ta je ve stávajícím stavu tvořena vaznými trámy se světlou výškou místností 2,47 m, což je nedostatečné. Bližším řešením tohoto požadavku se zabývá část D.1.2 – Stavebně konstrukční řešení.

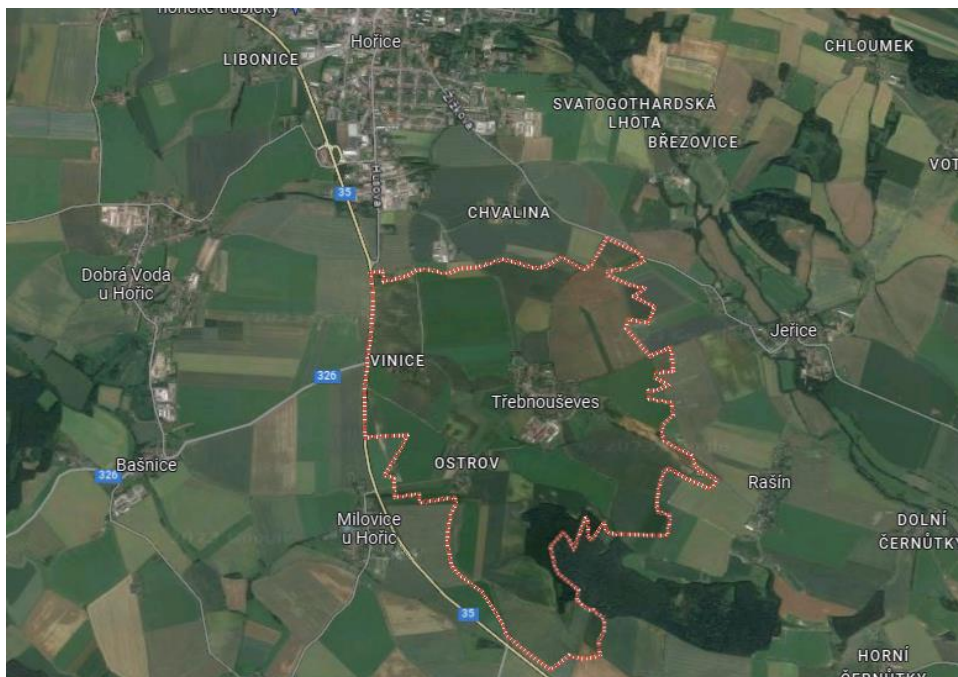
Důsledkem požadavků na PBŘ je návrh nových požárně-dělicích příček mezi dříve otevřenými místnostmi tak, aby byl zajištěn bezpečný únik osob. Jak již bylo odůvodněno v kapitole 1.8, je také oproti zadané studii navržena přístavba s vnějším schodištěm a evakuačním výtahem.

2. Stavebně-technický průzkum stávajícího stavu

2.1 Stručný popis objektu

Řešený objekt se nachází ve východních Čechách v obci Třebnouševs (obr. 7, obr. 8), ležící poblíž města Hořice. Ve stávajícím stavu je budova tvořena dvěma nadzemními podlažími, nad kterými se rozprostírá prostorná historická konstrukce krovu, která v současnosti není využívána. Objekt je podsklepen pouze částečně, a to na

severovýchodní straně s přístupem z exteriéru. V současnosti není objekt obývaný ani užívaný k jinému účelu.



obr. 7 – Ortofoto mapa obce Třebnouševs [12]



obr. 8 - Poloha řešeného objektu a pozemku v katastrální mapě [13]

2.2 Historie objektu

Budova původní vodní tvrze byla postavena v 17. století. Z této doby se nedochovaly žádné písemné záznamy, které by blíže popisovaly původní dispozici, specifikovaly materiálové řešení skladeb konstrukcí, či funkci jednotlivých pater.

V průběhu stovek let prošel objekt mnohými stavebními úpravami, z nichž nejvýznamnější byla přeměna vodní tvrže na obytnou budovu skrze zasypání vodního příkopu, jež v dnešní době připomíná především zvýšená hladina podzemní vody. Nepůvodní dělicí konstrukce po těchto, mnohdy nešetrných, úpravách byly z budovy vybourány. Momentálně je proto tato budova tvořena pouze původními nosnými konstrukcemi.

Stávající technický stav objektu je podrobněji zakreslen v části D.1.1 Architektonicko-stavební řešení.

I přes své stáří nepodléhá budova žádnému stupni památkové ochrany.

2.3 Popis konstrukčního řešení

2.3.1 Základy

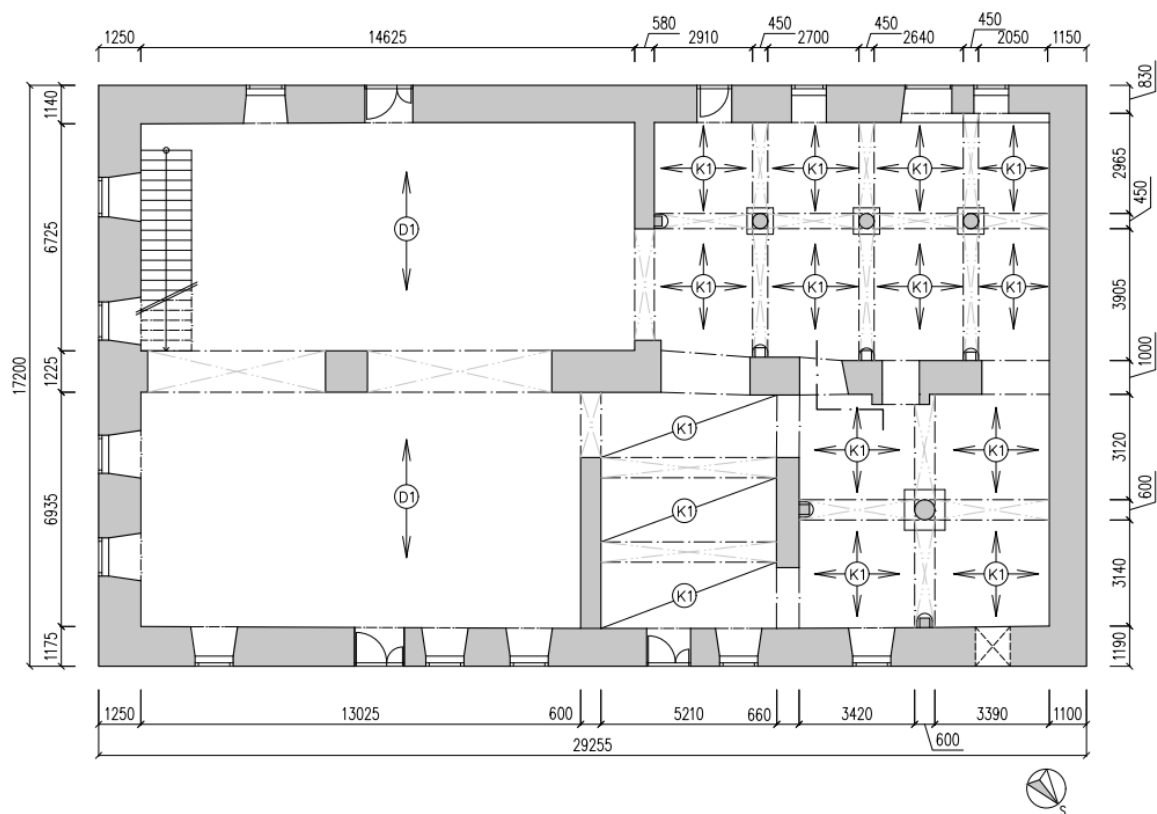
Stavba je založena na pasech provedených z kamenného zdiva a uložených na dlouhých hustě zarážených dřevěných pilotách. Detailní průzkum a měření dimenzí základové konstrukce nebyl proveden, nicméně s jistotou bylo určeno, že se základová spára nachází v nezámrazné hloubce.

2.3.2 Svislé nosné konstrukce

Obvodové svislé nosné konstrukce jsou tvořeny stěnami ze smíšeného zdiva o proměnné tloušťce, která se pohybuje v rozmezí od 1 050 mm v 2.NP až po 1 250 mm v 1.NP. Vnitřní nosnou funkci zajišťuje kombinace stěn o tloušťce 600 mm, zděných a kamenných pilířů a klenbových pásů z převážně cihelného zdiva.

Stávající konstrukční systém 1.NP a 2.NP popisuje obr. 9 a obr. 10.

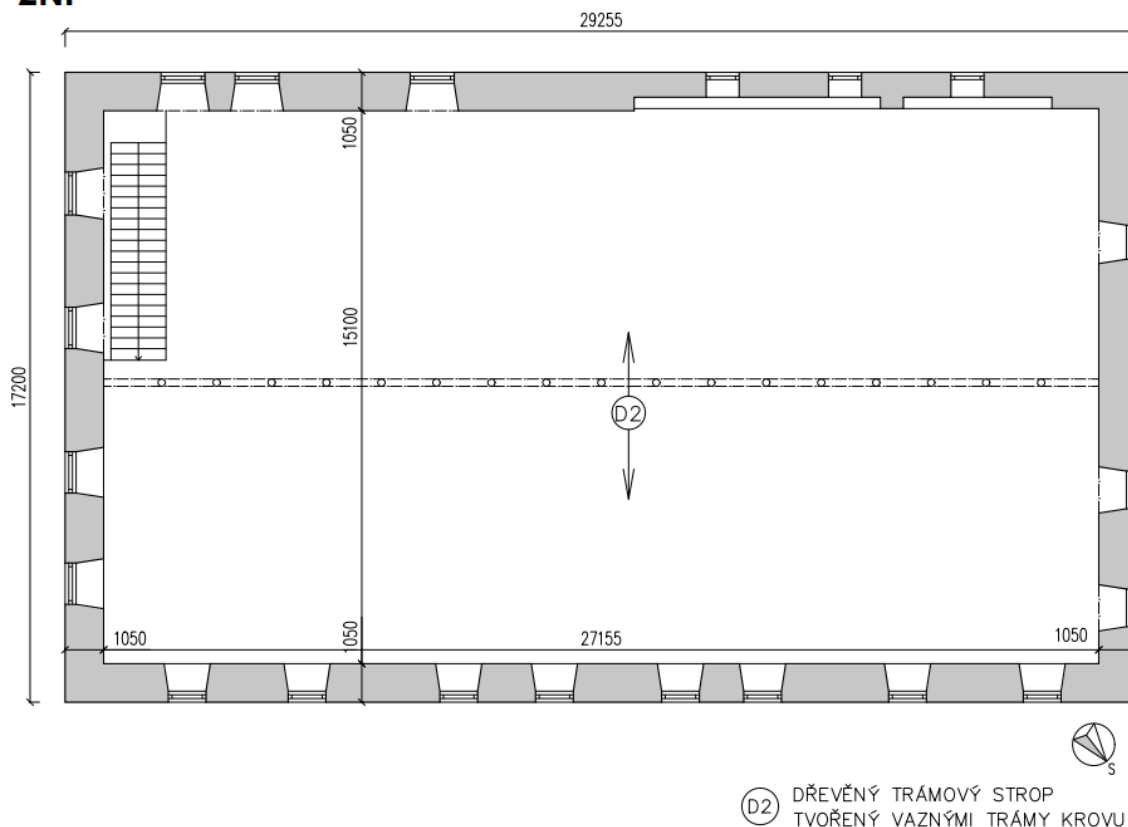
1NP



- (D1) DŘEVĚNÝ TRÁMOVÝ STROP
- (K1) PLOCHÉ KOPULE

obr. 9 - Konstrukční schéma 1NP_Stávající stav

2NP



obr. 10 - Konstrukční schéma 2NP_Stávající stav

2.3.3 Vodorovné nosné konstrukce

V západní polovině 1.NP je stropní konstrukci tvořena plochými kopulemi, které jsou definovatelné jako české placky zaklenuté do valených klenutých pasů podepřených kamennými a zděnými pilíři [14] (obr. 11, obr. 12). Na klenutých pasech nad kopulemi jsou poté uloženy dřevěné trámy nesoucí nášlapnou vrstvu podlahy 2.NP.

Vodorovnou nosnou konstrukci ve zbylé části 1.NP a v celém 2.NP tvoří dřevěný trémový strop.



obr. 11 - Pohled na líc kopule v 1.NP



obr. 12 – Rubová strana vrchlíku plackové klenby 2.NP

2.3.4 Krov

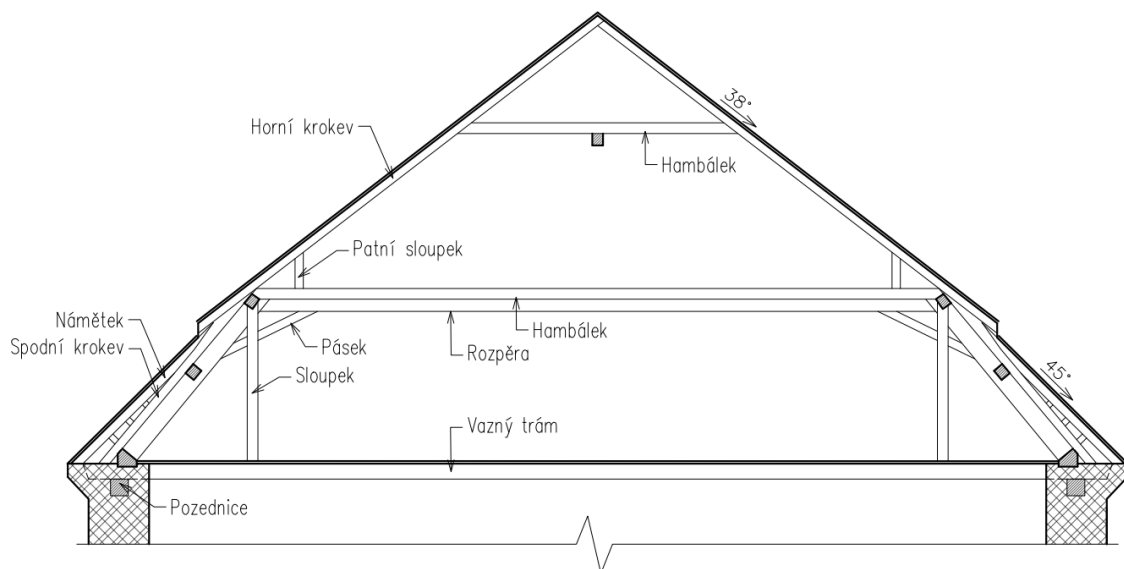
Soustavu stávajícího dřevěného krovu bych definovala jako vaznicovou s ležatou stolicí, která je v jednom typu plné vazby kombinována se stolicí stojatou [15]. Šikmé vzpěry jsou v plných vazbách čepovány do pětiboké spodní vaznice, která je dále kamповána na vazné trámy. Vazné trámy se nacházejí v každé vazbě a současně přebírají

funkci stropních trámů 2.NP. Krokve jsou uloženy ve dvou rovinách sklonu a tvoří tak mansardovou střechu. Spodní krokve jsou čepovány přímo do vazných trámů. Na základě výsledků vizuálního průzkumu se domnívám, že pozednice jsou společně se zhlavími vazných trámů zazděné. Jednotlivé vazby jsou propojeny horní vaznicí probíhající osou střechy, a po stranách střední a mezilehlou vaznicí.

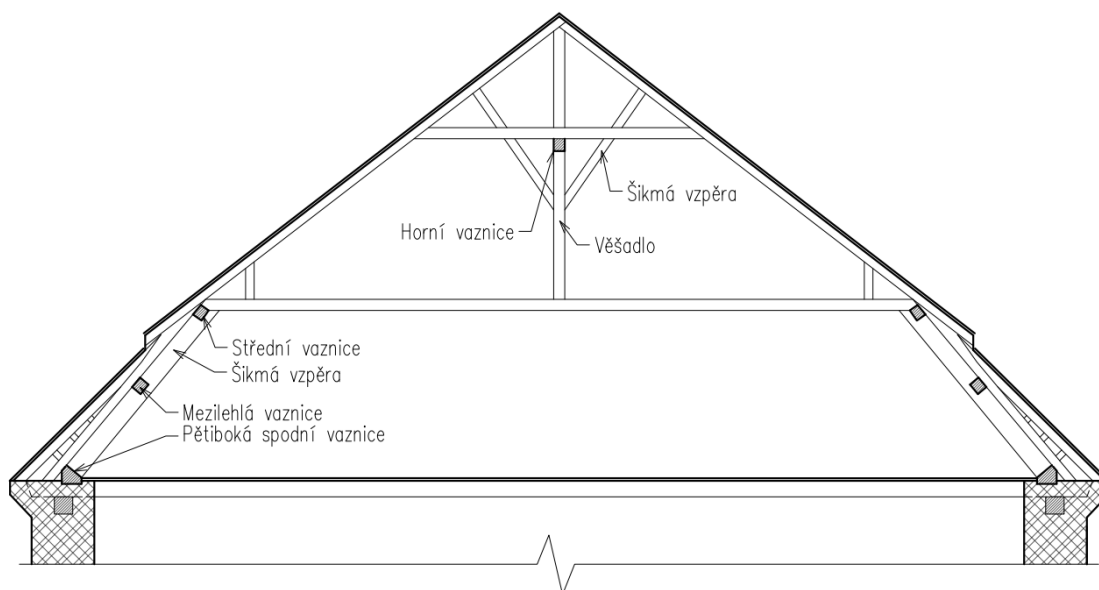
Soustava je při obou koncích ukončena valbami, v nichž jsou krokve čepovány do krácat, která jsou následně čepována do krajních vazných trámů.

Podélné ztužení zajišťují střední a mezilehlé vaznice společně s ondřejskými kříži, které jsou plátovány s mezilehlou vaznicí a valbami. V příčném směru zajišťují ztužení šikmé vzpěry věšadla, pásky a diagonály ve valbách.

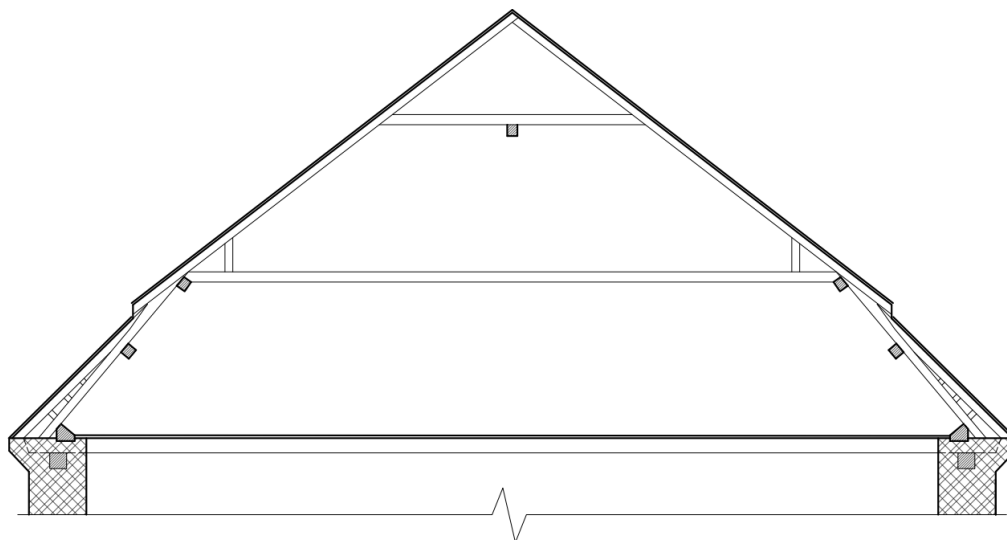
- Konstrukce plné vazby A (obr. 13) je tvořena hambálky ve dvou výškových úrovních, ležatými a stojatými sloupky, rozpěrou pod spodním hambálkem, pásky mezi rozpěrou a spodními krokve, a patními sloupky nad spodním hambálkem.
- Konstrukce plné vazby B (obr. 14) je opět tvořena hambálky ve dvou výškových úrovních, mezi kterými se nachází věšadlo a šikmé vzpěry. Nachází se zde už jen ležaté sloupky a taktéž patní sloupky nad spodním hambálkem.
- Konstrukce jalové vazby C (obr. 15) je shodně tvořena hambálky ve dvou výškových úrovních a patními sloupky na spodním hambálku



obr. 13 – Schéma krovu – Plná vazba A



obr. 14 – Schéma krovu – Plná vazba B



obr. 15 – Schéma krovu – Jalová vazba C

2.3.5 Podlahy, omítky a výplně otvorů

- Podlahy

Žádné z podlahových skladeb se nedochovaly v původním stavu. Podlaha na terénu je po poslední stavební úpravě tvořena betonovou deskou. V 2.NP tvoří skladbu podlahy pouze dřevěná prkna.

- Omítky

Obvodové zdivo je omítnuto pouze na vnější straně, a to jen na východní polovině objektu. Vnitřní povrchy jsou v naprosté většině neomítnuté, místy popřípadě vápennou omítkou.

- Výplně otvorů

Okenní otvory jsou vyplněny dřevěnými, nejčastěji špaletovými okny, která jsou v současné době za hranou životnosti. Okna jsou v některých otvorech nahrazena pouze plnými okenicemi, ale nachází se zde i otvory, které jsou ponechané zcela bez výplně.

2.4 Popis poruch, analýza jejich možných příčin a návrh sanace

V rámci této diplomové práce budou řešeny pouze ty nejzávažnější poruchy, kterými jsou z mého pohledu trhliny v nosném obvodovém zdivou, nedostatečná únosnost zděného pilíře v 1.N, vztlínající vlhkost ze základových konstrukcí do obvodových zdí a poruchy krovu. Analýza jejich příčin a návrh vhodného řešení sanace budou představeny v následujících podkapitolách.

2.4.1 Sanace obvodového zdiva

Obvodové zděné stěny jsou na mnoha místech narušeny tahovými trhlinami, jejichž tvar a rozmístění naznačují, že hlavní příčinou je rozdílné sedání základové konstrukce. To je patrné například při pohledu na sklon jedné ze dvou trhlín na severovýchodním nároží objektu (obr. 16), jejichž původem je konkrétně pokles nároží základových pasů.

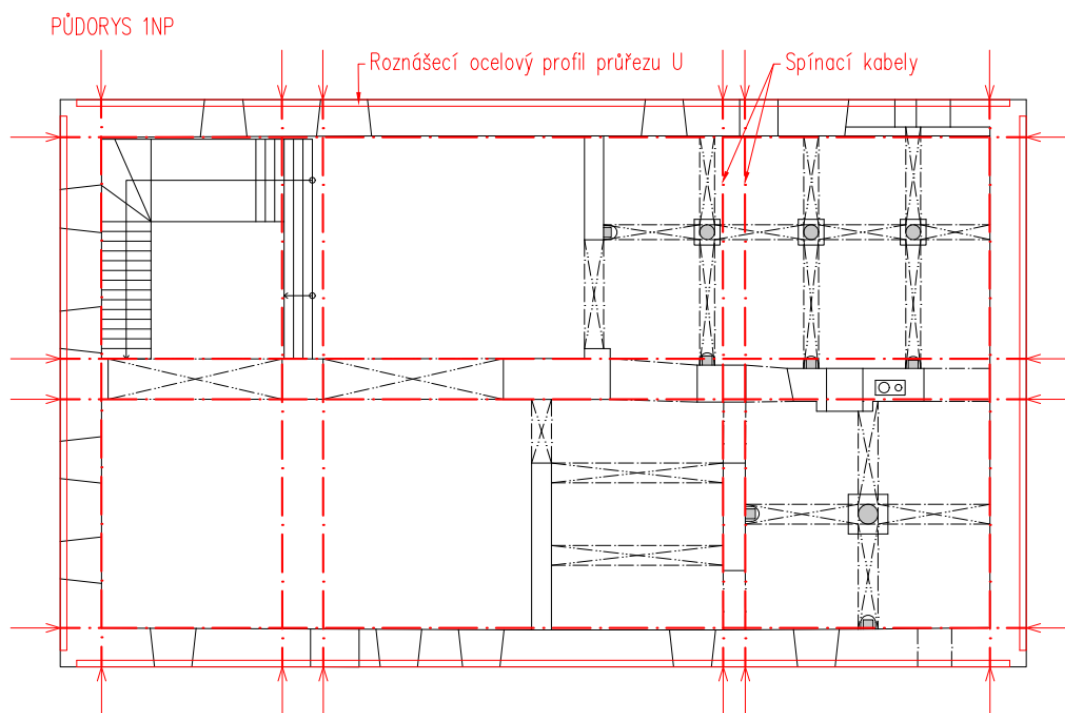


obr. 16 - Pohled na severovýchodní nároží

V určitých případech rekonstrukcí lze sanaci takové poruchy omezit pouze na zvýšení tuhosti vrchní konstrukce, a to zejména za předpokladu, že základové konstrukce vyhovují z hlediska únosnosti a sedání [14]. K takovému řešení bych se přikláněla i v tomto případě, pokud by ovšem nebyla součástí plánovaných stavebních úprav i vestavba dvou nových pater do prostoru podkroví, které zvýší i zatížení základových konstrukcí.

Proto bych pro tuto sanaci zvolila kombinaci více metod, kterými jsou ztužení vrchní nosné konstrukce, zesílení stávajících základů a zajištění lokálních trhlin.

- Vrchní nosná konstrukce bude ztužena spínacími kabely. Sepnutí budovy bude provedeno v úrovni stropní desky 1.NP v příčném i podélném směru (obr. 17). Síly na koncích táhel budou roznášeny pomocí ocelových profilů průřezu U, které budou uloženy do vysekané drážky na vnějších stranách obvodových stěn. Velikost přepínacích sil musí být určena statickým výpočtem z průběhu a velikostí vodorovných normálových a smykových napětí. Statický výpočet a návrh konkrétních dimenzí ocelových prvků není součástí této práce.

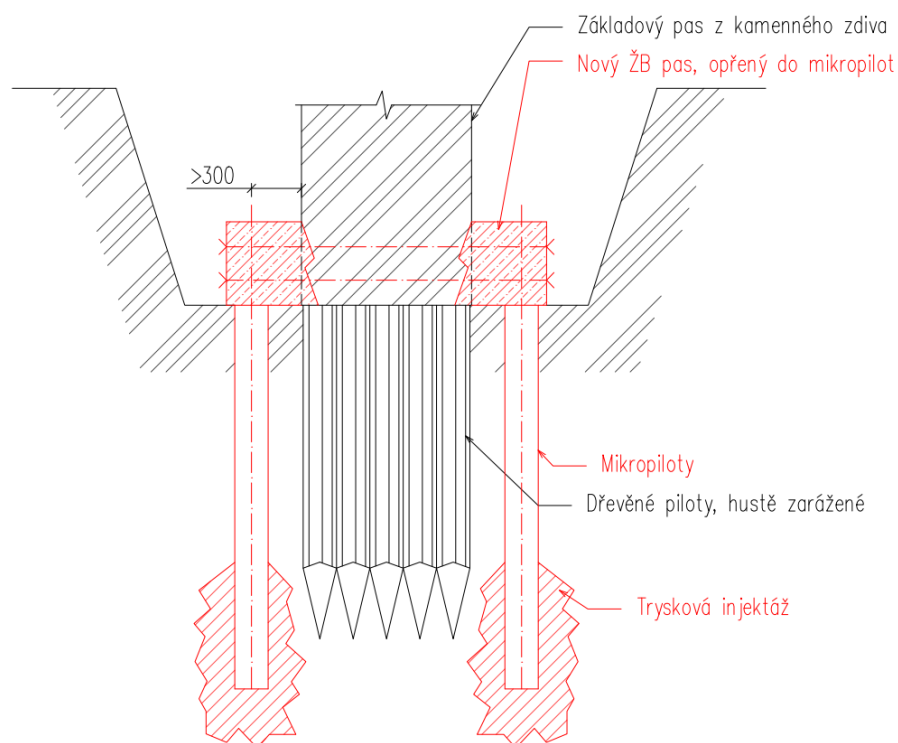


obr. 17 - Schéma ztužení budovy

- Zesílení základových konstrukcí bude provedeno jejich rozšířením, čímž bude dosaženo vyšší únosnosti, potřebné pro přenos zvýšeného zatížení, vyvolaného podkrovní vestavbou. K rozšíření dojde na úrovni základové spáry po obou stranách stávající konstrukce novými železobetonovými pasy. Aby bylo zamezeno zvýšenému

sedání v podloží, které je dle předpokladu tvořeno stlačitelnou zeminou, bude nová konstrukce opřena do mikropilot s tryskovou injektáží v kořenové části. Pro správné spolupůsobení staré a nové části je třeba zajistit dostatečnou únosnost jejich styčné spáry především ve smyku. Toho bude v našem případě docíleno předepnutím a zazubněním obou styčných spár (obr. 18). Rozšíření proběhne po etapách [16].

Pro adekvátní návrh zesílení stávajících základů by měl být proveden podrobný geologický průzkum společně se statickým posouzením únosnosti původní a navržené základové konstrukce. Tato posouzení nebyla v rámci této DP vypracována, proto je navržené řešení stavebních úprav pouze předběžné.



obr. 18 - Schéma návrhu sanace základové konstrukce

- Pro zajištění lokálních trhlin proti jejich případnému rozvoji bude použito tzv. stehování. Při něm budou použity ocelové spony z kruhové oceli $\varnothing 20$ mm, zakotvené do neporušeného zdiva. Spony budou uloženy kolmo na probíhající trhlinu s přesahem min. 0,5 m, a to na obou stranách narušeného zdiva, přičemž rozpon stehů se dle vzdálenosti od středu trhliny bude pohybovat v rozmezí od 0,4 do 0,6 m. Spony budou uloženy hustěji u konce trhliny, kde se koncentruje napětí. Krajiní kotvy budou zapuštěny do předvrtaných otvorů $\varnothing 30$ mm v hloubce 0,5-0,8násobku tloušťky stěny, které budou vyplněné cementovou maltou. Zároveň bude i samotná trhlina po vyčištění vyplněna maltou.

2.4.2 Ochrana před zvýšenou vlhkostí

Při vizuálním průzkumu byla zaznamenána zvýšená vlhkost zdiva, která se projevuje degradací povrchových vrstev (vlhkostní mapy, opadaná omítka) a zdiva (viz obr. 16). Příčinou může být vysoká hladina podzemní vody v kombinaci s chybějícím či nefunkčním řešením stávající hydroizolace a difúzně nepropustným obkladem soklu. Pro zajištění životnosti a funkčnosti konstrukcí bude provedena dodatečná hydroizolace a ochrana proti vztlínající kapilární vlhkosti. Tato sanace bude řešena komplexně přímou a nepřímou metodou.

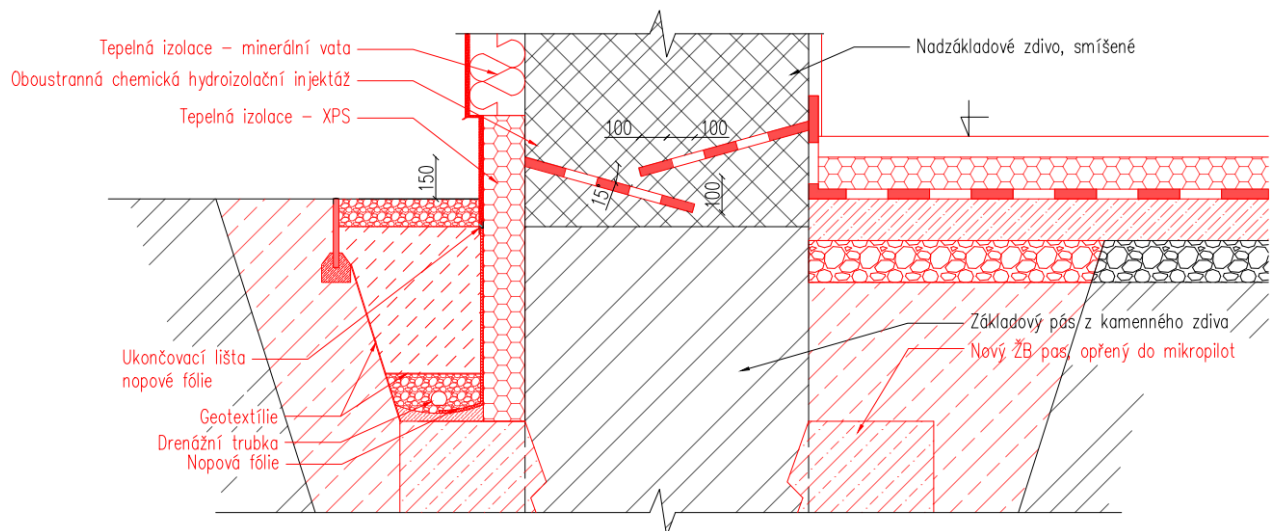
Přímá metoda

V tomto případě byla jako nejvhodnější shledána metoda infuzní, při které je infuzní látka napuštěna do pórového systému. Takto vznikne modifikovaná pórová sktruktura, která neumožňuje transport vlhkosti v kapalně ani plynné fázi. Dle způsobu aplikace rozlišujeme injektáž beztlakou s hydrostatickým přetlakem a tlakovou. Vhodný injektážní prostředek by měl být vybrán na základě velikosti, distribuce a tvaru pórů, chemismu zdiva a vlhkosti sanovaného zdiva. Současně i postup, tj. počet, sklon, osová vzdálenost, průměr vrtu a tlakový způsob aplikace injektáže, je odvislý od uvedených parametrů zdiva [14].

Takto detailní průzkum zdiva nebyl proveden, proto se zdržím výběru konkrétní látky a formy infúze, jelikož nevhodná volba by mohla vést k nefunkčnosti hydroizolace. Nicméně provedení vrtů bych volila z obou stran obvodových stěn z důvodu vysoké tloušťky zdiva. Na infuzní clonu bude následně z interiéru navazovat hydroizolace podlahy (obr. 19).

Nepřímá metoda

Pro spolehlivé snížení výskytu zvýšené vlhkosti bude předchozí opatření doplněno o odvodnění základového zdiva drenážním systémem, které bude ústít do Rašínského potoka za hranicemi pozemku.



obr. 19 - Schéma návrhu dodatečné hydroizolace

2.4.3 Zesílení zděného pilíře

Zděný pilíř P1, který se nachází v 1.NP (viz. výkres D.1.1.9 – Půdorys 1.NP ve stávajícím stavu), bude v navrhovaném stavu přenášet vyšší zatížení, přitom již nyní nese známky drobných poruch (obr. 20). Při prohlídce pilíře je viditelné povrchové opotřebení zděných prvků, a především drobné tahové trhliny. Z těchto důvodů bude pro zvýšení únosnosti navrženo zesílení pilíře ocelovým obandážováním. Ocelovou objímku budou tvořit svislé úhelníky, na rozích uložené do cementové malty, a třmínky z pásové oceli, které budou k úhelníkům přivařeny. Pro daný pilíř o rozměru stran 1250x1250 mm, nesmí být vzdálenost mezi třmínky vyšší než 500 mm. Proti korozi bude ocelová objímka chráněna vrstvou cementové malty tl. 25 až 30 mm, vyztužené drátěným pletivem [14].



obr. 20 - Zděný pilíř P1

2.4.4 Poruchy krovu

V konstrukci krovu je nejvýrazněji patrná biologická degradace některých dřevěných prvků a dále porucha v podobě vysunutých krácat z výměn a vazných trámů, a to v poměrně velkém rozsahu. Sanací těchto poruch se tato práce nezabývá, jelikož bude stávající konstrukce krovu ze statických důvodů v navrženém stavu zdemolována.

3. Energetická koncepce objektu

Tato kapitola se zabývá variantním návrhem zdroje tepla a způsobu větrání a koncepčním návrhem fotovoltaické elektrárny. Celková energetická koncepce budovy je blíže specifikována v části D.1.4 – Technika prostředí staveb.

3.1 Zdroj tepla

Zdroj tepla bude v budově využíván pro vytápění, přípravě teplé vody a ohřevu větracího vzduchu ve VZT jednotce. Při návrhu nízkoenergetického domu je doporučeno využít takových zdrojů tepla, které potřebu primární energie minimalizují (tj. obnovitelných zdrojů tepla), případně primární paliva využívají v maximální možné míře, např. plynové kondenzační kotle [17].

Variantní návrh zdroje tepla:

a) Plynový kondenzační kotel

Kondenzační plynové kotle jsou navrženy záměrně tak, aby v nich docházelo ke kondenzaci vodní páry ze spalin. Jsou proto vybaveny nerezovým výměníkem a spalínovým ventilátorem pro odvod spalin o nízké teplotě (40 až 90 °C). Účinnost vztažená k výhřevnosti může dosahovat u kondenzačních kotlů na plynná paliva až hodnoty 106 %. Požití těchto kotlů je spojeno především s nízkoteplotními otopnými soustavami, v našem případě podlahovým vytápěním. Mezi výhody tohoto řešení patří kromě zmíněného efektivního využití energie zemního plynu také plynulá regulace výkonu hořáku od 20 do 100 %, která umožňuje provoz v širokém rozsahu výkonu bez použití akumulčních zásobníků tepla [17].

Nevýhodou této varianty je nejistý vývoj cen za zemní plyn s ohledem na dnešní napjatou geopolitickou situaci. A proto, i přestože se jedná o vhodný zdroj z hlediska nízkoenergetického konceptu budovy, budu raději volit jinou variantu zdroje.

b) Kotel na dřevěné palety

V obecné rovině se jedná o zdroj tepla, který pro zásobování budov teplem využívá přímé spalování biopaliva, v tomto případě dřevěných paletek. Pro zajištění účinného spalování tuhých paliv se využívají zplyňovací kotle s dvojstupňovým spalováním. Při něm dochází ke zplynění tuhého paliva v topeništi a následně ke spalování těchto plynů ve spalovací komoře.

V tomto případě bych volila automatický zplyňovací kotel, který je vybaven mechanickou samočinnou dopravou paliva do spalovací komory, a tudíž je bezobslužný. Automatická regulace jeho výkonu zajišťuje vysokou účinnost kotle v rozsahu 85 až 92 % [17].

V tomto případě vnímám jako zásadní nevýhodu prostorovou náročnost při skladování dřevěných paletek, které by se nevešly do technické místnosti v 1.PP, tedy místnosti, kde by byl umístěn kotel. S návrhem tohoto zdroje tepla počítá zadaná arch. studie, ve které by byla pro paletky vyhrazena samostatná místnost v 2.NP a paletky by se následně do technické místnosti v 1.PP shazovaly novou šachtou. Volbou jiného zdroje tepla se proto podstatně zvětší prostor galerie, kde se měl daný sklad nacházet.

c) **Tepelné čerpadlo (TČ)**

Tepelná čerpadla jsou zařízení, která umožňují cíleně čerpat tepelnou energii o nízké teplotě (nízkopotenciální teplo) a předávat ji do navazujících tepelných soustav o vyšší teplotě. Nízkopotenciální energie je v obou následujících variantách obnovitelná, tedy čerpána z okolního prostředí. V obou případech bude uvažováno nejrozšířenější parní kompresorové tepelné čerpadlo [17].

Tepelné čerpadlo VODA-VODA

U tohoto typu tepelného čerpadla je nízkopotenciální energie odebírána z vodního zdroje, v tomto případě voda podzemní. Tato voda je odebírána ze sací studny, prochází výměníkem tepelného čerpadla (výparníkem), který z ní odebere část tepla, a následně je vypouštěna do druhé vsakovací studny. Jelikož podzemní voda disponuje stálou průměrnou teplotou okolo 10 °C, která se nemění s teplotními změnami na povrchu, dosahuje tento typ TČ nejvyšší účinnosti. Topný faktor COP dosahuje při teplotním spádu W10/W55 hodnot 3,5 a při spádu W10/W35 dokonce až hodnoty 6,5.

I přes zmíněné výhody je třeba si uvědomit, že tento druh TČ vyžaduje pro své spolehlivé fungování stálý přívod velkého množství vody o teplotě 7-12 °C. To je důležitý požadavek, jehož splnění nemůže být bez hydrogeologického průzkumu, který pro účely této práce nebyl proveden, plně potvrzeno [18].

Tepelné čerpadlo ZEMĚ-VODA

Nízkopotenciální energie je u tohoto typu TČ odebírána ze země skrze plošné kolektory či zemní vrty. Pro úsporu plochy pozemku, která by mohla být v budoucnu zastavěná, bych volila variantu vertikálních vrtů, které zároveň disponují vyšší účinností než plošné kolektory. Topný faktor COP v tomto případě dosahuje hodnot nižších, tj. 4,6 při spádu B0/W35 nebo 2,71 při B0/W55. V tomto případě bych pro vytápění volila podlahové vytápění proto, aby mohla být využita vyšší hodnota COP.

Nevýhodou oproti předchozí variantě jsou vyšší investiční náklady [19].

VYHODNOCENÍ

Pro tento objekt volím jako nejvhodnější zdroj tepla **tepelné čerpadlo země-voda**, které naplňuje snahu o snížení spotřeby primární neobnovitelné energie, ale zároveň

představuje i spolehlivý tepelný zdroj s vysokou účinností bez přísných nároků na jeho náležité fungování.

3.2 Vzduchotechnika

Nedílnou součástí nízkoenergetických domů pro dodržení tepelné pohody a malých tepelných ztrát jsou větrací jednotky se zpětným ziskem neboli rekuperací tepla. Tím se snižují tepelné ztráty, které by v opačném případě vyvolávalo větrání přirozené. Požadavek na účinnost rekuperace je u pasivních domů minimálně 75 % [20].

Variantní návrh vzduchotechniky:

A) Centrální nucené větrání

Tato varianta navrhuje nucené rovnotlaké větrání celého objektu jednou VZT jednotkou, vybavenou SZZT, ohříváčem, zvlhčovačem a příslušnými filtry, která by se nacházela v technické místnosti v 1.PP. Sání čerstvého venkovního vzduchu a odvod odpadního by bylo vyvedeno do exteriéru skrze anglický dvorek.

Nevýhodou této varianty je náročnost měření a regulace v takto členitém a mnohoúčelovém objektu.

B) Kombinace centrální a lokálních jednotek

Další možností je zkombinovat centrální VZT jednotku, která by větrala 1.NP společně s galerií v 2.NP, s VZT jednotkami lokálními, které by zajišťovali větrání ubytovacích prostor a byly by také za těmito místnostmi umístěné. Oba zmíněné typy VZT jednotek by byly opět vybaveny SZZT. Výhodou této varianty by bylo značné snížení náročnosti regulace, kdy by každá jednotka obsluhovala ucelenější a homogennější prostor.

Nevýhodou by však bylo množství vývodů na fasádu či střechu z lokálních jednotek, které by kromě estetické vady způsobovalo i nárůst tepelných mostů a hlučnost.

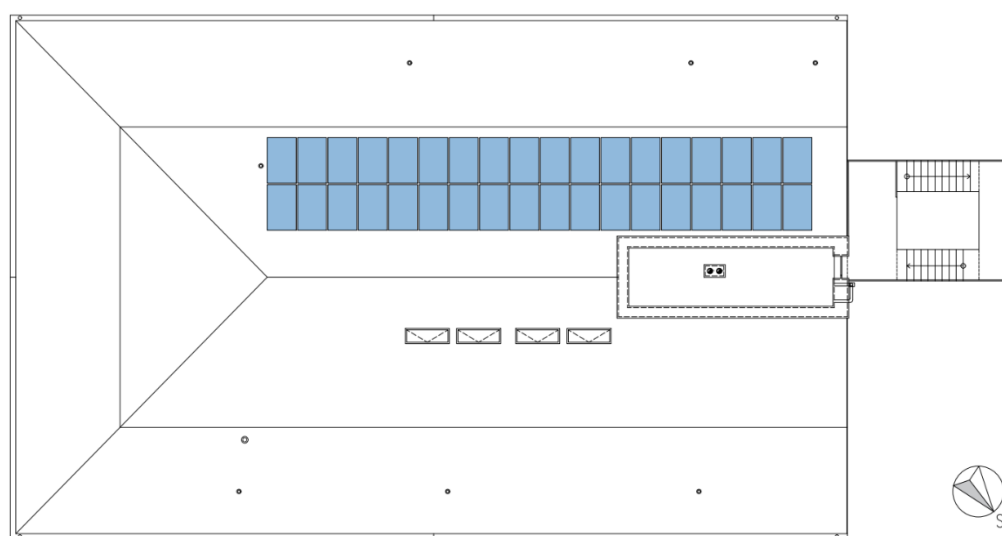
VYHODNOCENÍ

Jako nejvhodnější shledávám **variantu A**), tedy jednotné nucené centrální rovnotlaké větrání, při kterém nebude výrazně narušen historický vzhled budovy, který shledávám u takto starého objektu jako důležitý.

3.3 Návrh fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaická elektrárna představuje atraktivní zdroj elektrické energie, který pracuje s minimální zátěží životního prostředí. Nejúčinnější jsou mezi komerčně dostupnými technologiemi fotovoltaické panely s články z krystalického křemíku, které budou navrženy i v tomto případě [17].

Fotovoltaické panely budou v předběžném návrhu umístěné v počtu 36 kusů na jihozápadně orientované šikmé střeše (obr. 21). Nominální výkon zvoleného panelu je 450 Wp. Celkový výkon FVE, bez uvažování ztrát, tak v součtu 36 panelů činí 16,2 kWp. Přetoky el. energie budou přeprodány do sítě distributora.



obr. 21 - Schéma uložení fotovoltaické elektrárny na střeše

4. Analýza klimatických dat

4.1 Bioklimatický design

V posledních letech se stavební průmysl zaměřuje na snížení energetické náročnosti budov a zároveň s tím na zvýšení standardů uživatelského komfortu. Jednou z nejeftivnějších možností současného dosažení obou těchto cílů je využití bioklimatického přístupu k samotnému návrhu [21].

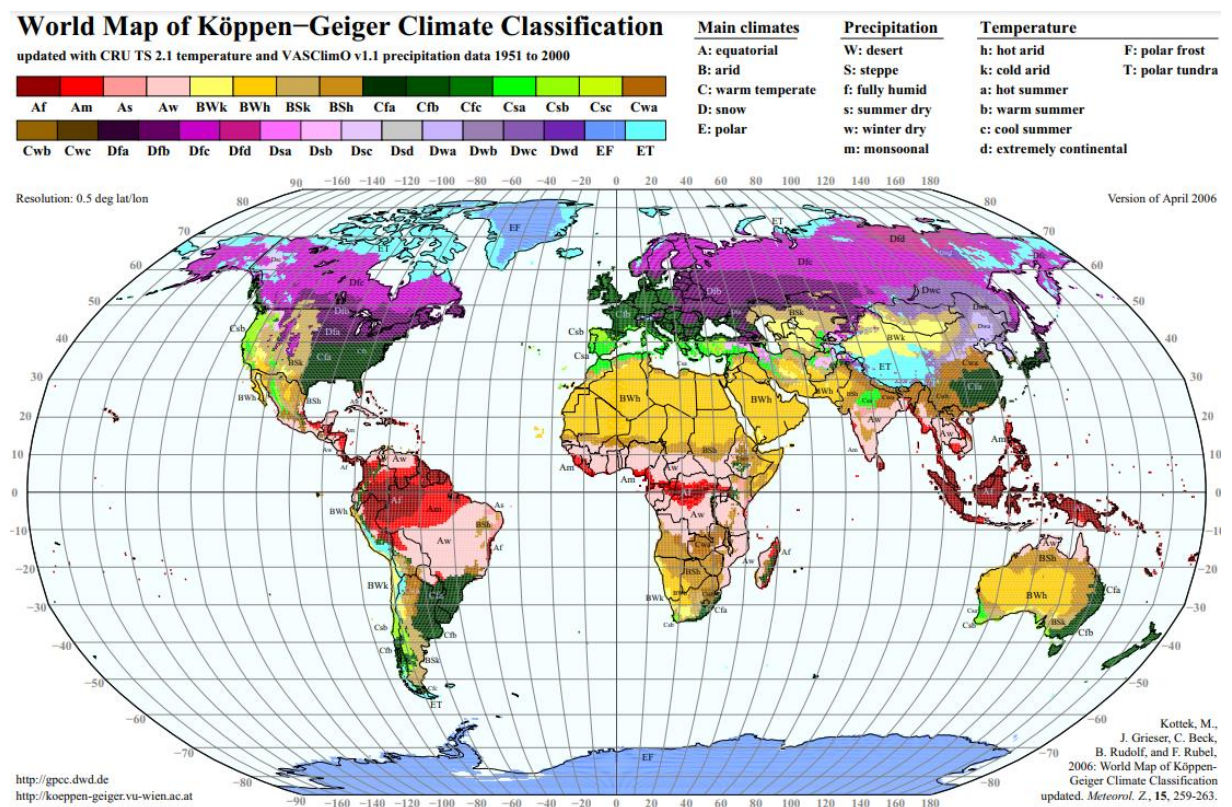
Bioklimatický design je jedním z inženýrských přístupů, který se zaměřuje na chování budovy vzhledem k daným klimatickým podmínkám, a to s respektem k požadavkům a potřebám uživatelů. Daných cílů lze obecně dosáhnout pasivními a aktivními řešeními. Avšak s ohledem na snahu o nižší dopad na životní prostředí a energetickou spotřebu budov jsou preferována právě pasivní řešení, která bez další spotřeby energie příznivě

ovlivňují energetickou náročnost budovy a zároveň poskytují vyšší úroveň vnitřního komfortu. Nejdůležitějším prvkem konceptu bioklimatického designu je pochopení, že k nejšetrnějšímu návrhu lze dospět přizpůsobením budovy okolnímu prostředí, a to nejprve pasivními cestami a teprve v následujícím kroku aktivními technologiemi [22].

4.2 Charakteristika klimatu

V této kapitole bych se chtěla zaměřit na analýzu současných a předpovídaných klimatických dat dané oblasti, která by měla vést k vhodné volbě pasivních návrhů snižujících energetickou náročnost řešené budovy.

Obec Třebnoušev se nachází na 50°20' severní šířky a 15°39' východní délky. Tuto oblast, obdobně jako celou Českou republiku, lze dle Köpen-Geigerovi mapy (obr. 22) [23] klasifikovat jako klimatický typ Cfb, tedy jako teplé mírné (C) a plně vlhké (f) podnebí s teplými léty (b). Pro dosažení tepelného komfortu v mírném podnebí, s výjimkou středomořských oblastí, obecně převládá spíše potřeba energie na vytápění než na chlazení. S tímto předpokladem by měla být navržena především taková pasivní opatření, která snižují tepelnou ztrátu objektu [22].



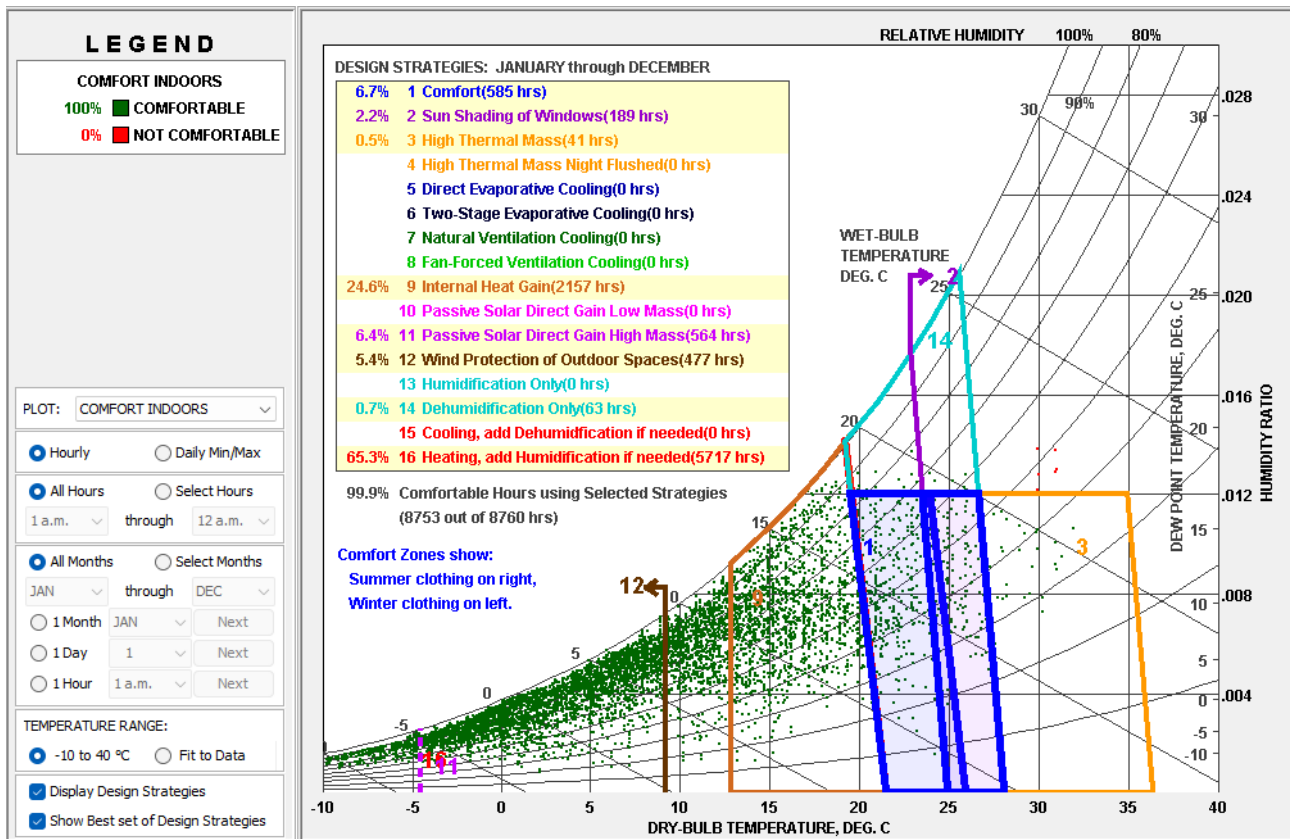
obr. 22 – Köpen-Geigerova mapa [23]

4.2.1 Analýza současných klimatických dat

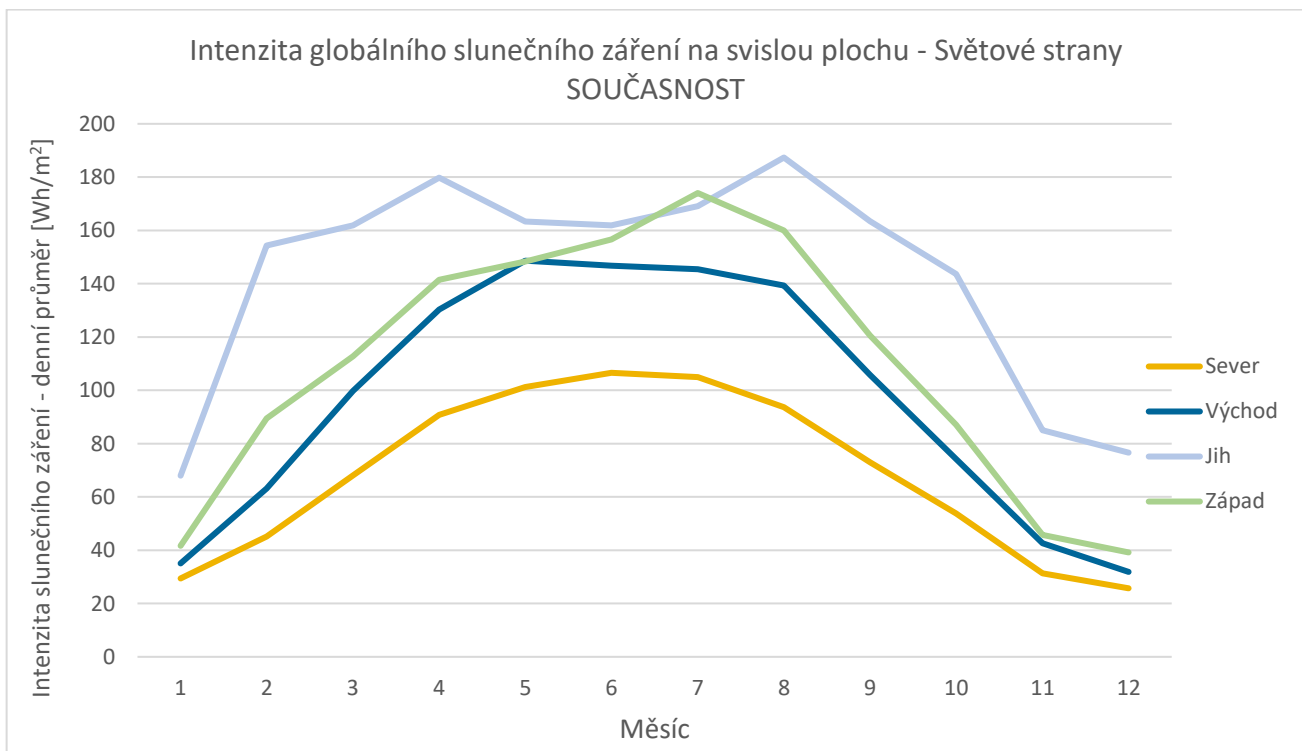
Nejdříve byla analyzována současná klimatická data pro oblast Hradce Králové, která byla stažena ve formátu EnergyPlus [24]. Město Hradec Králové leží přibližně 20 km od naší lokality a představuje tak nejbližší bod, pro který je možné daná data v potřebném formátu získat. Rozbor dat proběhl pomocí softwaru Climate Consultant 6.0 a MS Excel, přičemž pro stanovení podmínek vnitřního prostředí bylo vycházeno ze standardu ADHRAE 55.

Na základě těchto dat byl sestaven psychrometrický diagram (graf 2), který na osách relativní vlhkosti a teplot suchého i mokrého teploměru znázorňuje hodinová klimatická data ve vztahu k tepelné pohodě uživatelů. Z grafu je patrné, že pouze v nízkém procentu hodin v roce (konkrétně 6,7 %) je dosaženo požadované vnitřní teploty, která se pohybuje od 22°C do 28°C. Dostatečný nárůst teploty by mohly v necelých 25 % dní v roce zajistit vnitřní zdroje tepla, z 65 % dnů by však bylo potřebné vytápění. Pasivní vytápění slunečním zářením by bylo dostačující pouze v 6,4% roku, což je důsledek nízké intenzity slunečního záření v zimních měsících v této zeměpisné šířce. Předpokládanou převládající tepelnou ztrátu budovy bude proto snižovat izolace obalových konstrukcí.

Pro návrh vhodného rozmístění, dimenze a zastínění okenních otvorů bylo provedeno porovnání dopadu slunečního záření na svislé povrchy fasád ze všech světových stran (graf 3). Do úvahy byly zahrnuty hodnoty denních průměrů intenzit slunečního záření. Tento graf potvrzuje dobře známý fakt, že nejvíce sluneční energie přichází z jihu, nicméně zajímavou skutečností je, že maxima je dosaženo nejdříve v měsíci dubnu, po kterém dochází k mírnému snížení intenzity, která opět stoupá na konci června až do druhého maxima v srpnu. V červenci proto o něco více tepelných zisků prochází západní fasádou. Na základě těchto zjištění bych pro okenní otvory v jižně orientované fasádě navrhla dvojité izolační zasklení a v ostatních fasádách trojitě izolační zasklení. Skladba dvojitého zasklení sice vyniká nižším součinitelem prostupu tepla sklem [Ug], tato nevýhoda je však nahrazena vyšší propustností slunečních paprsků [g], která je potřebná pro uvažování pasivních tepelných zisků v jarních a podzimních měsících. Pro předejití přehřívání v budoucích letech (viz kap. 4.2.2) budou pro všechny okenní otvory navrženy vnější stínící prvky.



graf 2 - Psychrometrický diagram pro současné klima (Climate Consultant 6.0)

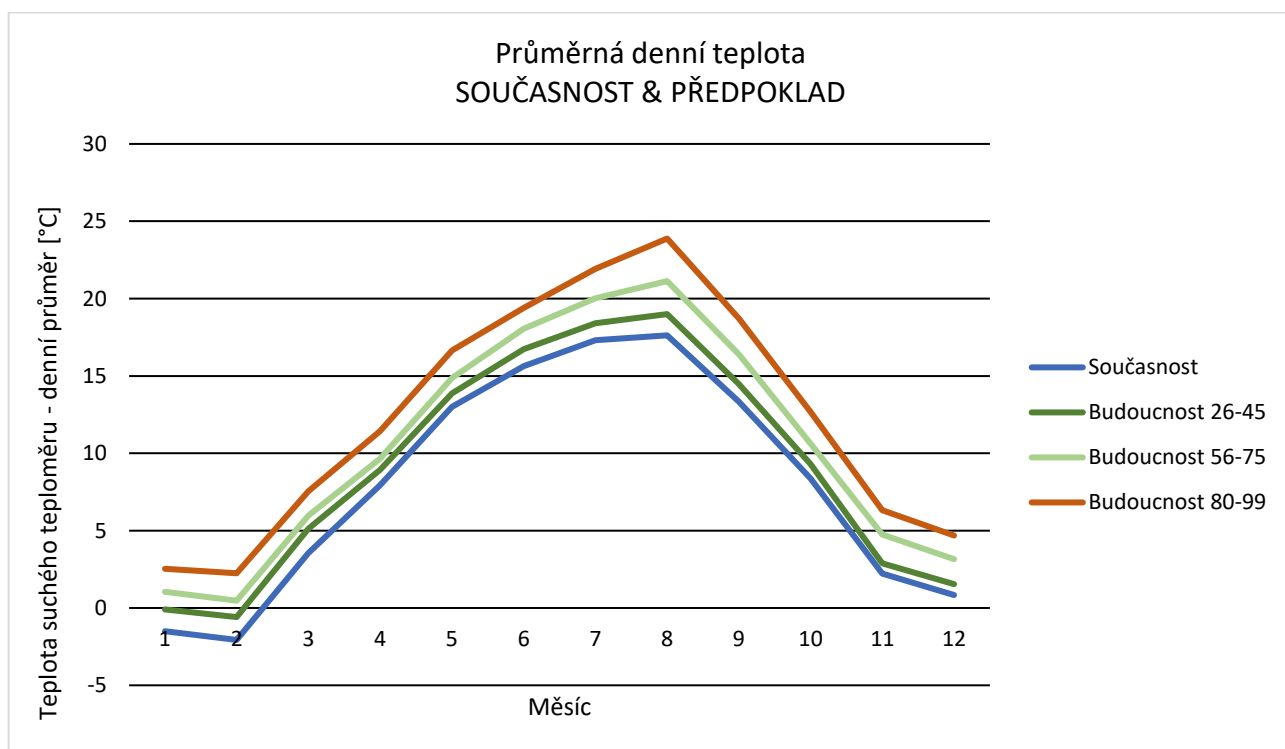


graf 3 - Intenzita slunečního záření – porovnání světových stran

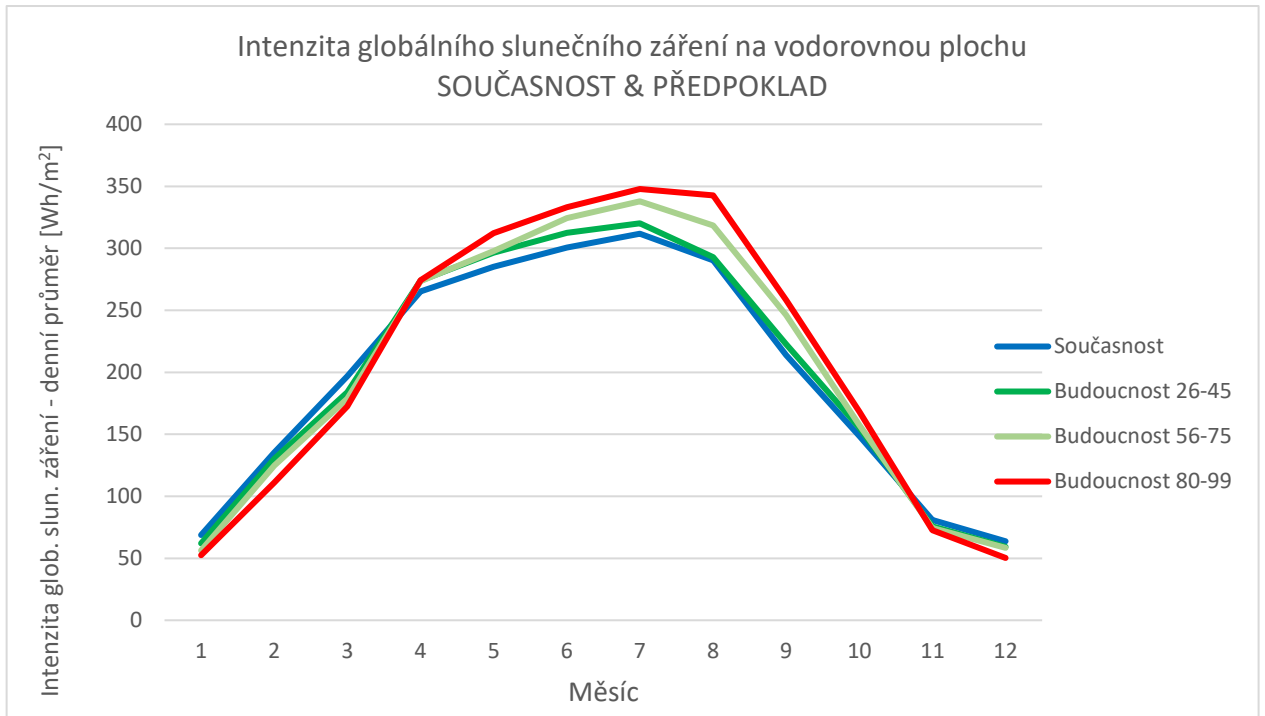
4.2.2 Analýza budoucích klimatických dat

V dalším kroku byla analyzována klimatická data, která jsou pro tuto lokalitu predikována do konce tohoto století. Vygenerování potřebných hodnot proběhlo v programu CC World Weather Gen, který se řídí klimatickým modelem HadCM3 (Hadley Centre Coupled Model), konkrétně scénářem A2 předpokládajícím středně vysoké emise. Následně byla tato data opět vyhodnocena v programu Climate Consultant 6.0.

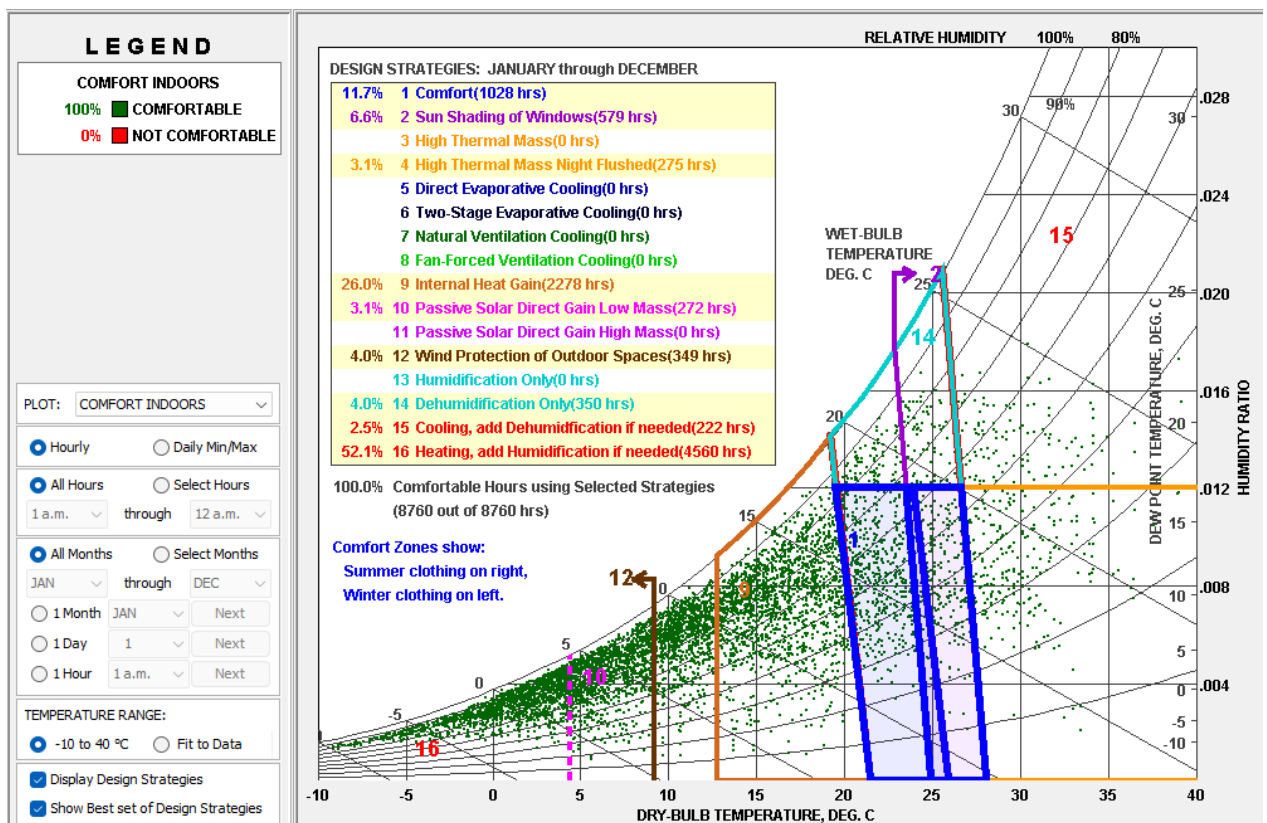
Konečné výstupy potvrzují nynější trend změny klimatu, tedy nárůst průměrných denních teplot (graf 4) a zvýšení intenzity slunečního záření (graf 5). Proto při pohledu na psychrometrický diagram (graf 6), sestavený pro období let 2080–2099, vidíme zlepšení v počtu hodin, kdy je automaticky dosaženo tepelného komfortu. Tato klimatická změna je ale i důvodem pro návrh vnějších stínících překážek, které budou budovu chránit před nadměrnými tepelnými zisky v letních měsících, konkrétně v 7 % roku. I přes zvyšování teploty, nebude potřeba pro vytápění vůbec zanedbatelná (52,1 % hodin), proto je současný návrh dobře izolované obálky budovy vhodný i do budoucna.



graf 4 – Vývoj průměrné denní teploty



graf 5 – Vývoj intenzity globálního slunečního záření



graf 6 - Psychrometrický diagram pro predikované klima v období let 2080-2099 (Climate Consultant 6.0)

5. Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 0540-3 *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin* (2005).
- [2] *Preventivní péče o předměty kulturní povahy v expozicích, depozitářích a zpřístupněných autentických interiérech* [Online]. Dostupné z: https://www.cz-museums.cz/UserFiles/file/2022/CKMS/Metodika_preventivni%20pece%20o%20predmety_NPU.pdf [cit. 2023-10-16].
- [3] ČSN EN 15665 *Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov* (2009), Z1 (2011).
- [4] Vyhláška č. 6/2003 Sb., *kteřou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb* (2003).
- [5] ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Funkční požadavky* (2011).
- [6] ČSN EN ISO 9972 *Tepelné chování budovy – stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda* (2018).
- [7] ČSN 73 0532 *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky* (2021).
- [8] *Mapa sněhových oblastí na území ČR*. [Online]. Dostupné z: <http://www.snihnastrese.cz/mapa-snehovych-oblasti/>. [cit. 2023-10-15].
- [9] *Mapa větrných oblastí na území ČR*. [Online]. Dostupné z: https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/mapa-vetrnych-oblasti/. [cit. 2023-10-22].
- [10] *Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb* (2008).
- [11] ČSN 73 0834 *Požární bezpečnost staveb – Změny staveb* (2011).
- [12] *Ortofoto mapa obce Třebnoušev*. [Online]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/place/508+01+T%C5%99ebnou%C5%A1eves-Ho%C5%99ice+v+Podkrkono%C5%A1%C3%AD/@50.3402238,15.6491068,594a,35y,2.98t/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x470e9cda112f34e5:0x400af0f66160110!8m2!3d50.3392443!4d15.6516667!16s%2Fm%2F06zsz4n?entry=ttu>. [cit. 2023-10-13].
- [13] *Katastrální mapa*. [Online]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>. [cit. 2023-10-13].
- [14] WITZANY, Jiří et. al. *PDR – poruchy, degradace a rekonstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.

- [15] VINAŘ, Jan a Josef KYNCL. *Historické krovy: typologie, průzkum, opravy. 2.*, rozšířené vydání. Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3189-1.
- [16] KOS, Josef. *Rekonstrukce pozemních staveb*. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-720-4132-0.
- [17] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další*. Stavitel. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3832-1.
- [18] *Tepelná čerpadla voda-voda, Spirála*. [Online]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/tepelna-cerpadla-voda-voda>. [cit. 2023-11-11].
- [19] *Tepelná čerpadla země-voda, Spirála*. [Online]. Dostupné z: <https://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>. [cit. 2023-11-11].
- [20] HAZUCHA, Juraj. *Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-802-4745-510.
- [21] PAJEK, L.; KOŠIR, M. *Can building energy performance be predicted by a bioclimatic potential analysis? Case study of the Alpine-Adriatic region*. Energy Build. 2017, 139, 160–173. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.035>.
- [22] KOŠIR, Mitja. *Climate Adaptability of Buildings - Bioclimatic Design in the Light of Climate Change*. University of Ljubljana: Springer Nature Switzerland, 2019. ISBN 978-3-030-18455-1.
- [23] *World maps of the Köpen-Geiger climate classification*. [Online]. Dostupné z: <https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>. [cit. 2023-10-22].
- [24] *Climate data*. [Online]. Dostupné z: climate.onebuilding.org. [cit. 2023-10-22].

Použitý software

- AutoCad 2019
- MS Office
- Climate consultant 6.0

6. Seznamy obrázků, tabulek a grafů

Seznam obrázků

obr. 1 - Schéma návrhových teplot 1.NP	4
obr. 2 - Schéma návrhových teplot 2.NP	5
obr. 3 - Schéma návrhových teplot 3.NP	5
obr. 4 - Schéma návrhových teplot 4.NP	6
obr. 5 - Mapa sněhových oblastí na území ČR [8]	8
obr. 6 - Mapa větrných oblastí na území ČR [9]	9
obr. 7 – Ortofoto mapa obce Třebnouševs [12]	13
obr. 8 - Poloha řešeného objektu a pozemku v katastrální mapě [13]	13
obr. 9 - Konstrukční schéma 1NP_ Stávající stav	15
obr. 10 - Konstrukční schéma 2NP_ Stávající stav	16
obr. 11 - Pohled na líc kopule v 1.NP	17
obr. 12 – Rubová strana vrchlíku plackové klenby 2.NP	17
obr. 13 – Schéma krovu – Plná vazba A	18
obr. 14 – Schéma krovu – Plná vazba B	19
obr. 15 – Schéma krovu – Jalová vazba C	19
obr. 16 - Pohled na severovýchodní nároží	20
obr. 17 - Schéma ztužení budovy	21
obr. 18 - Schéma návrhu sanace základové konstrukce	22
obr. 19 - Schéma návrhu dodatečné hydroizolace	24
obr. 20 - Zděný pilíř P1	25
obr. 21 - Schéma uložení fotovoltaické elektrárny na střeše	29
obr. 22 – Köpen-Geigerova mapa [23]	30

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Návrhové hodnoty vnitřního prostředí	3
Tabulka 2 - Požadavky na zvukovou izolaci	7
Tabulka 3 - Požadavky na součinitel prostupu tepla	8
Tabulka 4 – Užitná zatížení	9
Tabulka 5 – Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy a měrné potřeby tepla	11

Seznam grafů

graf 1 - Graf měrných tepelných ztrát prostupem přes jednotlivé konstrukce	12
graf 2 - Psychrometrický diagram pro současné klima (Climate Consultant 6.0)	32
graf 3 - Intenzita slunečního záření – porovnání světových stran	32
graf 4 – Vývoj průměrné denní teploty	33
graf 5 – Vývoj intenzity globálního slunečního záření	34
graf 6 - Psychrometrický diagram pro predikované klima v období let 2080-2099 (Climate Consultant 6.0)	34