



Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Stavební inženýrství – Moderní budovy

Navrhování a provádění budov

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Rozbor a doporučení technického řešení zděných staveb

Vypracovala: Bc. Nikola Soukupová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Luděk Vejvara Ph.D.

Akademický rok: 2023/2024

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Nikola SOUKUPOVÁ**
Osobní číslo: **A22N0155P**
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**
Specializace: **Navrhování a provádění budov**
Téma práce: **Rozbor a doporučení technického řešení zděných staveb**
Zadávající katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

Obsah práce: Shromáždění údajů a podkladů o konstrukční řešení a materiálech pro zděné stavby, návrhy, výpočty a porovnání variant řešení zděných konstrukcí, zajištění jejich prostorové tuhosti, vhodná řešení.

Cíl práce: Cílem práce je poskytnout vhodná doporučení technického řešení zděných staveb. Tato doporučení jsou zaměřena zejména na stavby pro bydlení se zděným konstrukčním systémem.

Zásady pro vypracování:

- Úvod a cíle práce, význam a důležitost technického řešení zděných staveb.
- Teoretická část – historie, typologie, materiály, rozdělení, užívaná řešení zděných konstrukcí.
- Praktická část – analýza technických řešení a požadavků, srovnání s řešeními na zahraničním studijním pobytu, konstrukční návrhy, skicy a výpočty, softwarové modelování, detaily.
- Doporučená řešení zděných konstrukcí, závěr práce.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **textová zpráva, statické a fyzikální výpočty, nákresy, fotografie**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

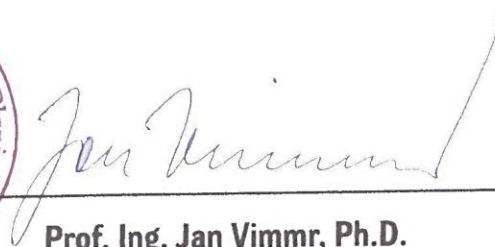
1. Dostupná dokumentace objektů.
2. Podklady výrobců stavebních materiálů a prvků.
3. Obecně technické požadavky pro stavby.
4. Platné normy pro navrhování nosných konstrukcí staveb (EC) a stavební fyziku

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **11. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2024**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



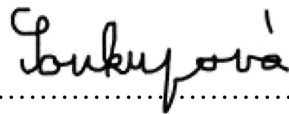
Prof. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 11. října 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Rozbor a doporučení technického řešení zděných staveb“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího práce Ing. Ludka Vejvary Ph.D. a s využitím uvedené odborné literatury, norem a dalších zdrojů, a s platnými studentskými licencemi využitých softwarů.

V Plzni, dne 31. 5. 2024



.....

Bc. Nikola Soukupová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Ludřku Vejvarovi Ph.D. za vedení mé práce, doporučení a poskytnutí odborné literatury, za vstřícnost, čas a užitečné rady, které mi věnoval při konzultacích diplomové práce.

Velké poděkování také patří mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia na vysoké škole.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá rozbohem, doporučeními pro návrh a nejlepšími vhodnými technickými řešeními zděných staveb. Zaměřuje se zejména na statické chování zděné stěny a věncové tvárnice vlivem zatížení v místě návaznosti na stropní konstrukci zahrnující ztužující železobetonový věnec.

V teoretické části jsou uvedeny informace o historickém a současném vývoji a používání zdicích materiálů a jejich klíčových vlastností, seznam aktuálně platných norem a předpisů pro navrhování zděných konstrukcí, postup pro výpočet při navrhování a posuzování zděných konstrukcí podle Eurokódu 6 a faktory ovlivňující technické řešení zděných konstrukcí. Praktická část řeší modelování zděných staveb a staticky analyzuje zděné prvky v místě styku se stropní konstrukcí. Dále se věnuje výhodám, nevýhodám a problémům jednotlivých technických řešení zděných staveb, a závěrečnému výběru a doporučení nejvhodnější řešení.

Pro statické posouzení bylo využito programu Scia Engineer 22.1 a softwaru Microsoft Excel. Pro textovou část bylo využito softwaru Microsoft Word. Výkresová část byla zhotovena v programu ARCHICAD 25.

Klíčová slova

Zdivo, zděné konstrukce, zděné stavby, stavby pro bydlení, technické řešení staveb, statické posouzení, doporučení a vhodná řešení, stěna, pilíř, sloup, zdicí materiál, styk stropní konstrukce se zděnou stěnou

Abstract

The diploma thesis deals with the analysis, design recommendations and the best suitable technical solutions for masonry buildings. In particular, it focuses on the static behaviour of masonry walls and bond beam block due to loads at the point of connection to the floor structure including the reinforcing concrete beam.

The theoretical part provides information on the historical and current development and use of bricks and their properties, a list of currently applicable standards and regulations for the design of masonry structures, the calculation process for the design and assessment of masonry constructions according to Eurocode 6, and factors influencing the technical design of masonry structures. The practical part deals with the modelling of masonry buildings and the structural analysis of masonry elements in contact with the flat slab. It also discusses the advantages, disadvantages and problems of different technical solutions for masonry buildings, and finally the selection and recommendation of the most suitable solution.

Scia Engineer 22.1 and Microsoft Excel were used for the structural design. Microsoft Word were used for the textual part. For the drawing part, ARCHICAD 25 were used.

Keywords

Masonry, masonry structures, masonry buildings, buildings for housing, technical solutions of buildings, static assessment, recommendation and suitable solutions, wall, pillar, column, masonry materials, wall in contact with flat slab

Obsah

Úvod	9
Cíl práce	10
Odborné názvosloví	11
Význam a důležitost technického řešení zděných staveb	12
Teoreticko-metodologická část	13
1. Historický vývoj zděných konstrukcí	13
1.1. Zděné stavby v pravěku a starověku	13
1.2. Zděné stavby ve středověku	15
1.3. Zděné stavby v novověku	16
1.4. Zděné stavby v moderní době – od 20. století po současnost	17
2. Současné systémy pro zděné stavby	18
2.1. Pálené a nepálené zdicí prvky	19
2.2. Vápenopískové cihly	22
2.3. Betonové tvárnice	23
2.4. Pórobetonové tvárnice	24
2.5. Zdicí prvky z kamene	25
2.6. Další typy zdicích prvků	25
2.7. Spojovací materiály	27
3. Stavební předpisy a předpisy pro zděné stavby	27
3.1. Stavební předpisy	28
3.2. Navrhování zděných staveb dle EC6	30
4. Faktory, které je třeba vzít v úvahu při výběru technického řešení zděných staveb	43
Praktická část	54
5. Technické řešení zděných staveb v Portugalsku na základě studijního pobytu	54
6. Výhody, nevýhody a problémy, se kterými je možné se setkat u zděných staveb	62
7. Konstrukční řešení, detaily a výpočty	63
7.1. Modelování zděných staveb	63
7.2. Analýza různých technických řešení zděných staveb	66
7.3. Softwarový výpočet	70
7.4. Hodnocení a řešení pomocí software vs. ruční výpočet konstrukcí zděné stavby	146
Doporučení pro návrh a nejlepší vhodná technická řešení zděných staveb	162
Závěr diplomové práce	164
Seznam použitých norem a literatury	166
Seznam tabulek	168
Seznam obrázků	168
Přílohy	172

Úvod

Diplomová práce na téma Rozbor a doporučení technického řešení zděných staveb pojednává o navrhování a provádění zděných staveb pro bydlení a analyzuje rozložení svislých sil v obvodové stěně v návaznosti na typ uložení stropní konstrukce na tuto stěnu včetně ztužujícího věnce a v závislosti na tepelném odizolování tohoto styku.

Zděné stavby z různých druhů dostupných zdicích materiálů lze najít po celém světě již od pravěku, a přestože pro nadlidské mnohopodlažní stavby ustoupilo zdivo betonu a oceli, trend v navrhování a provádění zděných staveb zejména pro bydlení nadále pokračuje. V Evropě a konkrétně v České republice je v současné době využíváno jednovrstvých zděných stěn se zabudovanou tepelně izolační funkcí či sendvičových stěn s menší tloušťkou a vnější tepelnou izolací. Zdicím materiálem jsou tvárnice keramické s dutinami, pórobetonové, vápenopískové, ale také z betonu nebo z umělého kamene, o stavebních rozměrech 250x250x500 mm. Zděné konstrukce však nejsou pouze o zdicích prvcích, důležitý je i spojovací materiál, kterým může být malta, zdicí pěna či lepidlo. Výrobci těchto zdicích prvků a spojovacích materiálů rovněž vyvinuly prvky pro překlady, stropní nebo střešní konstrukce, které pomocí modulové koordinace přesně navazují na zděné stěny, a umožňují postavit téměř kompletní hrubou stavbu z jednoho materiálově uceleného systému. Historii zděných materiálů, současných prvků pro zdění, stavebních předpisů a postupu při navrhování zděných konstrukcí podle Eurokódu 6 se věnuje teoretická část této práce. Tato se část dále pojednává o faktorech ovlivňujících technické řešení zděné stavby jako je výběr materiálu, tloušťka a vazba zdiva, otvory, odchylky a deformace a zajištění prostorové tuhosti stavby.

Prostorová tuhost stavby daná volbou konstrukčního systému určuje statický model pro ověření mezních stavů únosnosti a použitelnosti nosných konstrukcí stavby. Jiný statický model je ověřován pro jednopodlažní, pro nízkopodlažní a vícepodlažní stavby. Další rozdělení pak vyplývá z typu uložení stropní konstrukce na stěnu, které může být na celou tloušťku stěny, na část tloušťky stěny doplněné o věncovou tvárnici a tepelnou izolaci nebo lokálně pomocí nosníků. Statickým modelem a jeho analýze se zabývá praktická část této práce.

Statický model je proveden pro vícepodlažní stavbu s uložení stropní konstrukce na celou tloušťku stěny a s částečným uložení pro získání dat o rozložení svislých sil v místě styku stropní konstrukce a obvodové zděné stěny. Tyto data stanovují statické vyhodnocení běžně prováděných typových detailů tohoto styku a poskytují obraz o vhodnosti těchto řešení. Na základě této analýzy, a na základě aktuálně platných norem a předpisů a dalších odborných přednášek a publikací o zděných konstrukcích vznikla příhodná doporučení pro navrhování a provádění tohoto styku.

Cíl práce

Cílem práce je poskytnout vhodná doporučení technického řešení zděných staveb. Tato doporučení jsou zaměřena na stavby pro bydlení se zděným konstrukčním systémem. Výběr vhodných doporučení je stanoven na základě analýzy technických řešení zděných staveb navrhovaných a prováděných v současné době (k roku 2024). Tato analýza zahrnuje shromáždění údajů a podkladů na základě dostupné dokumentace objektů, dostupných podkladů výrobců zdicích materiálů a prvků. Analýza dále zahrnuje rozbor těchto podkladů z hlediska vhodnosti provádění všeobecně dostupných typových řešení objektů podle obecně technických požadavků na stavby a platných norem a předpisů pro zděné stavby a stavební fyziku, a také rozbor a porovnání výpočtově stanovených hodnot vybraných detailů. Výpočty jsou provedeny dvěma způsoby, ruční výpočet a výpočet pomocí stavebních softwarů.

Hlavní praktická část práce je doplněna teoreticko-metodologickou částí zpracovanou formou rešerše z níže uvedené literatury. Teoreticko-metodologická část se zabývá historií zdicích prvků a spojovacích materiálů od pravěku po současnost. U zdicích materiálů využívaných v současnosti jsou dále více rozebrány jejich vlastnosti přímo ovlivňující technická řešení staveb provedených z těchto materiálů. Dále jsou zde uvedeny platné normy a stavební předpisy nezbytné pro navrhování staveb a je zde rozebrán teoretický úvod k analýze technických řešení staveb, který z těchto norem a předpisů vyplývá.

Odborné názvosloví

Vysvětlení vybraných odborných pojmů vyskytujících se v diplomové práci.

Zdivo – sestava zdicích prvků uložených podle stanoveného uspořádání a spojených maltou

Zdicí prvek – předem zhotovený prvek určený pro uložení ve zdivu

Malta pro zdění – směs jednoho nebo více anorganických pojiv, kameniva, vody a příměsí anebo přísad, používaná pro ukládání, ukládání a spojování zdiva

Věncová tvárnice – nenosný zdicí prvek určený k materiálovému sjednocení vnějšího líce obvodové stěny pro usnadnění aplikace svrchních krycích vrstev

Nosná stěna – stěna určená pro přenášení působícího zatížení a vlastní tíhy

Ztužující stěna – stěna osazená kolmo k jiné stěně vytvářející podporu proti vodorovným silám nebo zabraňující vybočení stěny

Tloušťka stěny (t) – šířka průřezu stěny provedené ze zdicích prvků [2]

Konstrukce – uspořádaná soustava navzájem propojených částí navržených tak, aby přenášely zatížení zajišťovaly odpovídající tuhost

Nosný systém – nosné prvky pozemní nebo inženýrské stavby a způsob, jakým tyto prvky spolupůsobí

Model konstrukce – idealizace nosného systému, který je použit pro analýzu, návrh a ověření

Únosnost, odolnost – schopnost prvku nebo dílce, nebo průřezu prvku nebo dílce konstrukce odolávat zatížením bez mechanické poruchy, např. únosnost v tlaku [3]

Tuhá stropní konstrukce – stropní konstrukce vytváří vodorovnou nosnou konstrukci uloženou zpravidla na svislých zdech, provedenou jako tuhá ve vodorovné rovině. Je železobetonová nebo polomontovaná z trámců, vložek a se zálivkou betonem a výztuží nebo montovaná z panelů. Stropní konstrukce jsou vždy opatřeny po obvodě věncovou výztuží. Vytváří ztužení stěn ve vodorovné rovině. Zajišťuje opření v hlavě a v patě zdiva [4]

Uložení stropní konstrukce – část stropní konstrukce položená na stěnu vyvolávající zatížení na tuto stěnu od stropu

Světlost traktů – světlá vzdálenost mezi líci protilehlých nosných stěn

Rozpětí – osová vzdálenost dvou protilehlých nosných stěn, anebo celková délka prvku (například délka stropní konstrukce i s uložením na stěnu)

Prostorová tuhost stavby – spojení svislých nosných a ztužujících prvků s vodorovnými nosnými prvky v jeden prostorový celek pro přenos zatížení působící na stavbu v obecném směru

Tlak, tlaková síla, namáhání tlakem – tlak je fyzikální veličina vyjadřující velikost tlakové síly působící kolmo na plochu; mechanické namáhání tlakem je silové působení uvnitř konstrukce, které vyvolá zpětnou reakci a deformaci konstrukce od zatížení tlakem [20]

Význam a důležitost technického řešení zděných staveb

Důležitost vhodného technického řešení zděné stavby je v dodržení základních technických požadavků na stavby a zabezpečení komfortního vnitřního prostředí stavby pro užívání osobami. Toho lze dosáhnout zajištěním stability, mechanické odolnosti a bezpečnosti konstrukce. Zdivo je nosný prvek, který musí odolávat různým vnějším silám jako je například zatížení od navazující konstrukce nebo zatížení od větru. Správně provedený návrh zděné stavby předchází konstrukčním problémům a snižuje riziko poškození nebo dokonce kolapsu stavby. Pokud jsou detaily v návaznostech jednotlivých konstrukcí řádně navrženy zvyšuje to efektivitu procesu výstavby a snižuje náklady na potřebu provádění dodatečných úprav.

Mezi rizika poškození budovy lze zahrnout poškození vlivem požáru. Správné technické řešení tedy zahrnuje i návrh zdících materiálů odolných proti požáru, které sníží riziko rozšíření požárů do dalších místností stavby a umožní včasnou evakuaci jejích obyvatel.

Správná technická řešení také mají vliv na životnost a údržbu stavby. Využití kvalitních materiálů a technik při provádění zděné stavby snižuje riziko poškození konstrukce a nutnost údržby konstrukce, která v sobě nese i ekonomické hledisko zachování hodnoty konstrukce čili menší náklady na opravy.

Dalším aspektem je v současnosti vliv na energetickou náročnost stavby. Zděné stavby jsou náchylné na vznik tepelných mostů. Správný návrh odizolování zděné konstrukce vede k odstranění tepelných mostů, což zabraňuje únikům tepla ze stavby a nedochází k tepelným ztrátám, které ovlivňují vnitřní prostředí budovy. Při návrhu řešení zděné stavby je nutno vzít v úvahu ochranu stavby proti vodě, zejména průniku vody do zdiva od základů. Důkladné provedení izolace proti vodě snižuje riziko poškození konstrukce a pomáhá k zajištění komfortního prostředí uvnitř budovy. Pro zajištění komfortního prostředí uvnitř budovy je rovněž potřeba vyřešit napojení konstrukcí a akustickou izolaci stavby.

Technické řešení také ovlivňuje celkový vzhled stavby. [1]

Teoreticko-metodologická část

1. Historický vývoj zděných konstrukcí

Zdivo je konstrukční materiál složený ve většině případů ze dvou komponentů. Těmito komponenty jsou zdicí prvky ze stavebních materiálů (cihla) a spojovací materiál (malta). Technologie zdění byla a stále je používána pro stavby po celém světě. Zdivo slouží k utváření svislých konstrukcí stěn, pilířů, sloupů a dalších konstrukčních prvků staveb. Jedná se o objekty pozemních staveb, u kterých je uplatňován odlišný přístup pro jednopodlažní (bungalovy, garáže), nízkopodlažní (objekty do 3 podlaží včetně podkrovní) a vícepodlažní objekty (obvykle bytové domy), dále halové stavby a také stavby pro inženýrské konstrukce a mosty. Zdivo ve stavbách zastává primárně nosnou a dělicí funkci. Kromě zajištění celkové stability objektu jsou na zdivo kladeny požadavky z hlediska tepelné techniky, akustiky, požární bezpečnosti a estetiky. Důležité je rovněž zajištění spolehlivosti, životnosti a dobrého vnitřního komfortu uvnitř budovy. Pro navrhování a provádění zděných konstrukcí je využíváno platných evropských a českých norem, jejichž seznam je uveden níže v této práci. Projektová dokumentace zděného objektu musí být zpracována osobou odborně způsobilou. Oprávněnými osobami jsou inženýři, architekti a technici, kteří získali na základě podmínek stanovených v autorizačním zákoně č. 360/1992 a v souladu se stavebním zákonem. [20], [32]

1.1. Zděné stavby v pravěku a starověku

Historicky nejstaršími materiály pro zděné stavby jsou přírodní kámen a hliněné cihly. Využití obou těchto materiálů lze díky dochovaným stavbám doložit až do doby 10 000 let př.n.l. označované jako období pravěku. Lidská společenství se v průběhu této doby začínají postupně trvale usazovat na konkrétních místech po celém světě a začínají budovat pevná obydlí za účelem ochrany svojí a svého majetku (zvěř, úroda) před povětrnostními podmínkami a dalšími nepřátelskými vlivy. Druh materiálu využívaný na tyto jednoduchá obydlí, svatyně a stavby pro pohřbívání byl zvolen na základě přirozeného výskytu daného materiálu v přírodě. Je možné nalézt oblasti, kde převládá využití hliněných cihel jako je například území Mezopotámie (dnešní Turecko, Izrael, Jordánsko, Palestina a Irák), dále oblasti s převažujícím výskytem kamene, kterými jsou Egypt, Evropa (zejména Anglie a Pyrenejský poloostrov) a Střední a Jižní Amerika (především Mexiko a Peru), ale také oblasti, kde se vyskytují oba tyto materiály zároveň (zbytek Evropy). [23], [32], [34], [35]

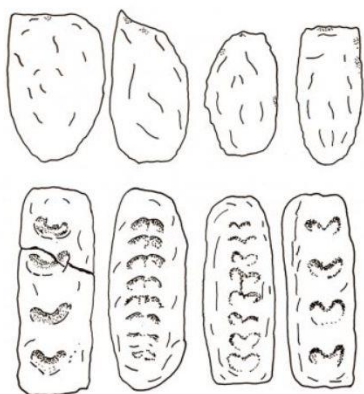


Obrázek č. 1: Megalitická kamenná stavba Stonehenge, Anglie. [1]



Obrázek č. 2 a 3: Dashurova pyramida v Egyptě a mayská pyramida v Mexiku. [31],[6]

Hliněné cihly jsou vyráběny uhnětením hlíny s vodou do přibližně pravidelného obdélníku, poté jsou vysušeny na slunci. Spojovacím materiálem je bláto, hlína. Pokrokem v získání lepšího tvaru prvku byly dřevěné znovupoužitelné formy. Rozměr prvků se pohyboval kolem 260x100x100 mm. Pravidelné prvky se lépe skládají na sebe a mohou tvořit vazbu, která zajistí jejich spolupůsobení. [23], [32], [34], [35]



Obrázek č. 4 a 5: Zobrazení uhnětených cihel s otisky po prstech, chrám Hagia Sofia. [7],[8]

Nejvýznamnějším objevem pro zděné stavby je vynález pálené cihly. První zmínky o využití těchto cihel pocházejí ze starověké Mezopotámie, tedy asi 3 000 let př.n.l. Kvůli náročnosti našli uplatnění pouze pro stavbu světských objektů, chrámů a paláců. Pálené a glazované cihly byly využity při stavbě města Babylon kolem 600 př.n.l. Mnoho téměř dokonalých kamenných a cihelných staveb z období starověku se dochovalo na území antického Řecka a Říma. Římané měli velký vliv na stavby po celé Evropě. [23], [32], [34], [35]



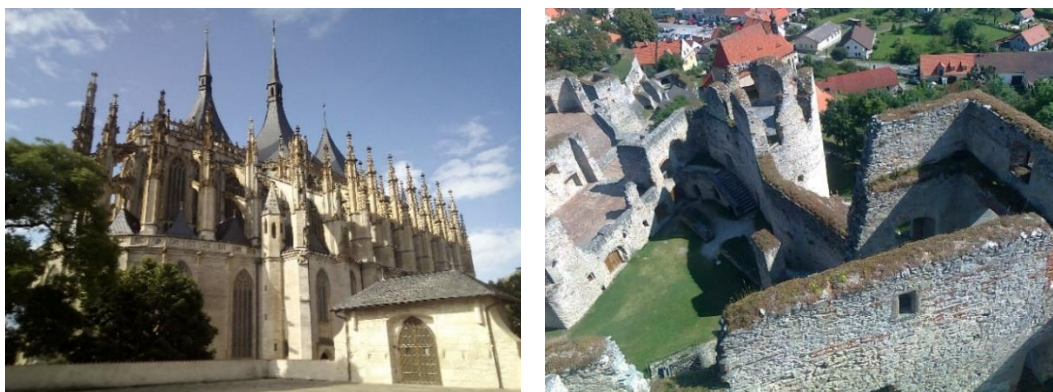
Obrázek č. 6 a 7: Koloseum – amfiteátr v Římě a pozůstatek kolonády v Pompejích. [1]

1.2. Zděné stavby ve středověku

Období středověku mezi 4. a 15./16. stoletím je v Evropě ve znamení kamenných staveb. Jedná se zejména o církevní stavby nadlidských rozměrů jako jsou kostely, baziliky, katedrály, ale také hrady a jiná šlechtická sídla. Architektura v tomto období prochází několika typickými slohy, kterými je předrománský a románský sloh. Vrcholným obdobím je gotika s nejrůznějšími typy klenutých stropů.

Materiálem pro zděné stěny a stropní klenby či kopule je lomový, a především opracovaný přírodní kámen. Tradiční jsou vyvřelé a usazené horniny jako je žula, opuka, pískovec a mramor. Běžně je také užíváno dřevěných trámových a povalových stropů a krovů.

Cihlářské řemeslo má v Evropě počátky s příchodem křesťanství, přibližně tedy kolem 6.-8. století n.l., výroba pálených cihel s různou kvalitou materiálu a s různými rozměry kolem poměru 1:2:4 byla rozvíjena od 11. století. Cihly jsou působením žáru vypalovány v pecích. Velkovýrobu pálených prvků pak jako první zahajuje Itálie a poté Německo. Mnoho cihlových staveb bylo postaveno v okolí Baltského moře z důvodu nedostatku kamene. Pro jednoduché stavby bylo rovněž využíváno sušených cihel. [23], [32], [34], [35]

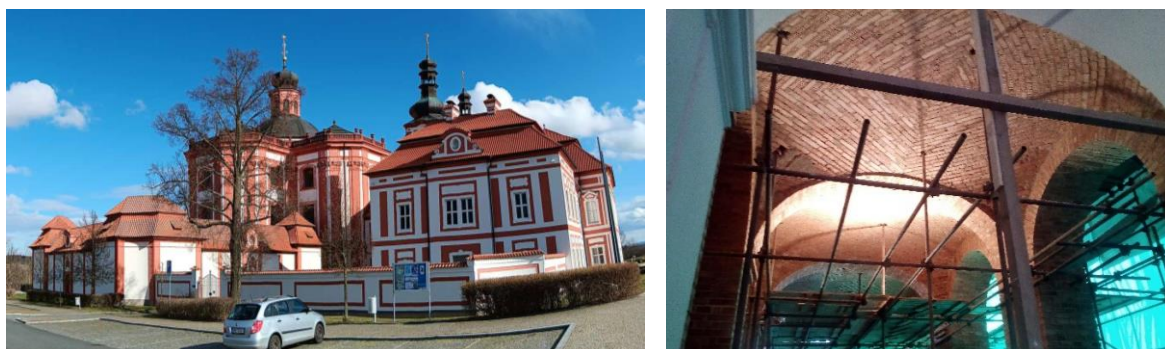


Obrázek č. 8 a 9: Chrám sv. Barbory v Kutné Hoře a hrad Rábí. [1]

1.3. Zděné stavby v novověku

Po dobu trvání doby novověku, se vystřídal mnoho stavebních stylů – renesance, baroko, rokoko, klasicismus, secese a následně styly s předponou neo-, které se vracejí k původním myšlenkám již známých stylů. Všechny styly přinášejí do vzhledu staveb nové prvky, konstrukční systém zůstává víceméně neměnný. Je tvořen zděnými stěnami nebo sloupy v příčném i podélném směru, které jsou dále zastropeny dřevěným trámovým nebo kazetovým stropem či kamennou klenbou, střešní konstrukce je tvořena dřevěným krovem.

Kámen začíná ustupovat do pozadí, využívá se převážně na dekorativní prvky a obklady. Hlavním zdicím materiálem jsou od konce 17. století cihly jednotného formátu díky vynálezu formovacího stroje. Formát cihel prošel dlouhým vývojem. Standardizovaný formát odpovídající rozměrům současných pálených cihel 290x140x65 mm byl zaveden v Německu. Výroba pálených cihel je stále drahou záležitostí, jsou využívány hlavně pro církevní stavby, šlechtická sídla a domy majetných měšťanů. Z cihel jsou budovány také obranné pevnosti Terezín a Josefov. Své zastoupení ve výstavbě například městských domů a menších stavení stále nachází i sušená cihla. Do hliněné směsi byl přidáván rákos, sláma či štětiny z prasat, těmto nepáleným cihlám se říká vepřovice. Zděné stěny jsou omítány. [23], [32], [34], [35]



Obrázek č. 10 a 11: Barokní klášter Mariánská Týnice s východního dostavbou ambitu v roce 2021 původním postupem. [1]

Všeobecná dostupnost pálených cihel nastává se změnou cihlářství z řemesla na průmyslovou výrobu v 19. století. Vývojem prochází také příprava suroviny, vznikají nové typy výpalných pecí, výroba je výhradně strojní. Další pokrok přichází se zavedením dutinové cihly a cihly s pohledovou úpravou – lícovací, režné zdivo. 19. století přináší první normy a předpisy pro stavby i stavební materiály. Pro vícepodlažní stavby byl ve městech zaveden tzv. Stavební řád, který stanovoval konstrukční systém stavby, tloušťku stěn v jednotlivých podlažích (s výškou podlaží se tloušťka snižuje) a také používaný formát cihel. Tyto předpisy se začínají zabývat spolehlivostí a životností staveb. [23], [32], [34], [35]

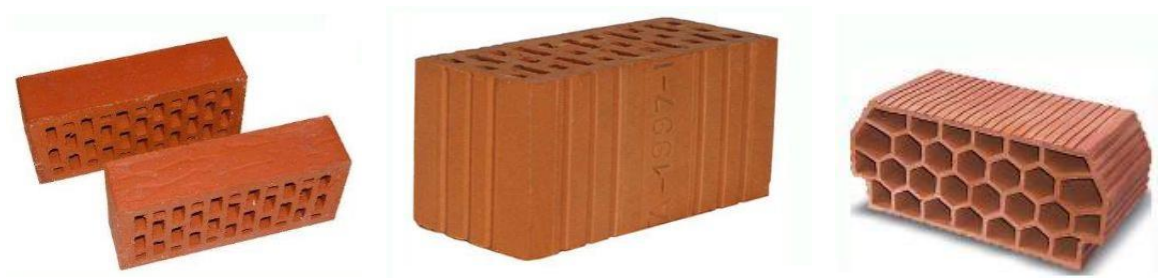
1.4. Zděné stavby v moderní době – od 20. století po současnost

Pálené prvky z jílu, hlíny a přísad pro zlepšení vlastností (ostřiva, lehčiva, taviva) jsou stále jedním z nejpoužívanějších materiálů ve stavebnictví. Kvalita cihel se dříve lišila podle jednotlivých výrobců (cihláren). To je v současnosti ošetřeno normami pro zdicí materiály (dnešní soubor norem EN 771-1 až 6) a také povinnosti výrobců dokládat vlastnosti prvků na základě zkoušek. Vytvořeny a zavedeny byly také normy a předpisy pro navrhování a provádění staveb. Současnou základní normou pro navrhování zděných konstrukcí je soubor norem Eurokódu 6, přesněji ČSN EN 1996-1-1, ČSN EN 1996-1-2, ČSN 1996-2 a ČSN EN 1996-3.

Přestože je 20. století považováno za éru betonu a oceli, prošlo i cihlářství značným vývojem především z hlediska nabízených materiálových možností na výrobu cihel a nových rozměrových formátů prvků. Vznikají zdicí prvky z betonu, lehčeného betonu, vápenopísku nebo umělého kameniva s dnes běžným formátem pro výšku prvku 250 mm.

Na dnešní zděné objekty jsou kromě požadavku na únosnost, spolehlivost a životnost, kladeny fyzikální nároky z hlediska tepelné techniky či akustiky. Vlastnosti a rozměry zdicích prvků jsou ovlivněny trendem sendvičového zdiva s tepelnou izolací a jednovrstvého zdiva, kdy zdivo zastává funkci nosnou, tepelně izolační i akustickou zároveň. Kromě zdicích prvků jsou z těchto materiálů vyráběny další systémové prvky pro vytvoření nosné konstrukce z jednoho materiálu, například stropní vložky. Rovněž spojovací materiály prošly vývojem, kromě zdicí malty se dnes používají zdicí pěny a lepidla.

Výhodou současných zdicích prvků je rychlejší proces zdění díky snazší manipulaci s prvky a díky menší potřebě spojovacího materiálu. [20], [23], [26], [32]



Obrázek č. 12, 13 a 14: Pálená cihla voštinová, cihla metrického formátu CDm, stropní vložka. [9]

2. Současné systémy pro zděné stavby

Na základě Eurokódu 6 jsou rozlišovány 4 základní typy zdiva:

1. nevyztužené zdivo – nejčastěji využívaný typ zdiva ze zdicích prvků a spojovacího materiálu
2. vyztužené zdivo – využíváné za účelem zvýšit únosnost či stabilitu zdiva zdicích prvků a spojovacího materiálu, u kterého je do ložné spáry nebo ve svislém směru uvnitř tvárnic uložena výztuž
3. sevřené zdivo – je takové zdivo, které je vyzděno mezi konstrukcemi například ze železobetonu nebo mezi vyztužené zdivo
4. předpjaté zdivo – je vyztužené zdivo pomocí předpjaté výztuže

Současné zdicí prvky můžeme dělit několika způsoby – podle materiálu, tvaru, velikosti, způsobu a rychlosti provedení nebo podle hlavní funkce prvku (nosná, tepelně-izolační, akustická, apod.). Jedná se především o nosné konstrukce zatížené stropními a střešními konstrukcemi a nenosné stěny. Základní rozdělení zdicích prvků podle materiálu uvedené v platné EC6 je toto:

1. zdivo z pálených a nepálených cihel
2. zdivo vápenopískové
3. zdivo betonové
4. zdivo pórobetonové
5. zdivo z umělého kamene
6. zdivo z přírodního kamene. [2]

2.1. Pálené a nepálené zdicí prvky

Nejstarším páleným zdicím prvkem je cihla plná pálená klasického formátu s rozměry prvku 290x140x75 mm zděná na obyčejnou maltu. Cihla může být také menšího formátu 250x120x65 mm, anebo s dutinami. Stěny vznikají skládáním cihel na sebe určitou převazbou. Tloušťka stěny z cihel plných pálených klasického formátu začíná na 150 mm a pokračuje násobkem tohoto rozměru a to 300, 450, 600, 750 a výjimečně také 900 mm. Nejběžněji užívaná tloušťka stěny z cihel plných je 300 a 450 mm. S tímto tradičním zdicím prvkem se dnes setkáváme při rekonstrukcích stávajících objektů.



Obrázek č. 15: Převazba cihel plných pálených pro tloušťky nosné stěny 600, 450 a 300 mm. [10]

Současnými nejvíce využívanými pálenými zdicími prvky jsou dutinové tvárnice vypalované z jílu a dalších hliněných materiálů. Dutiny jsou umístěny ve svislém směru, tedy kolmo na ložnou spáru zdiva, a jejich velikost kromě mechanických vlastností ovlivňuje především tepelně-izolační a akustické vlastnosti tvárnice a konstrukcí z nich postavených. Stále častěji jsou také využívány tvárnice pro jednovrstvé zdivo, tloušťka tvárnice odpovídá tloušťce stěny. Pro zlepšení tepelně-izolačních vlastností jednovrstvého zdiva jsou do dutin tvárnice přidány tepelně-izolační materiály, nejčastěji minerální vlákna nebo expandovaný polystyrén.

Keramické tvárnice jsou využívány především pro nosné a akustické dělicí konstrukce. Na trhu běžně dostupné zdicí systémy rovněž nabízejí i pálené prvky pro překlady nad otvory, nenosné stěny nebo stropní konstrukce. Zdicí systémy nabízejí rozměrové řady prvků, které lze vzájemně kombinovat, lze vyždít nosný i nenosný systém za využití stejného materiálu. Tloušťku nosné stěny je možné provádět v rozměrové řadě 240/250, 300, 380, 440 a 500 mm. [9], [10], [11], [12], [23], [32], [33]

Rozměrová řada nenosných stěn činí 80, 115, 140, 175/180 a 190/200 mm. Skladebný rozměr výšky a délky tvárnice činí 250 mm. Výrobní rozměry jsou menší, je počítáno s prostorem pro spojení prvků. Prvky jsou určeny pro ruční zdění. Spojovacím materiálem pro keramické tvárnice může být obyčejná nebo tenkovrstvá malta. Některé systémy využívají také zdicí pěnu nebo lepidlo. Spojovací materiál je nanášen pouze v místě ložné spáry. Styčná spára je prováděna na sucho, tvárnice jsou však opatřeny výstupky a prohlubněmi, které zajišťují propojení sousedních prvků. Tvárnice je nutné opatřit finální vrstvou nebo využít lícových neboli pohledových prvků. Finální vrstva je obvykle tvořena omítnutím nebo systémem ETICS. Kompletní stěny z dutinových pálených prvků splňují požadavky hodnot pro pasivní domy z hlediska tepelné techniky.

Objemová hmotnost keramických prvků se pohybuje v rozmezí 6,5 – 10,5 kN/m³. Pevnost v tlaku nosných prvků odpovídá označení P10 až P20. Nenosné prvky pak mají pevnost P2 až P10. [9], [10], [11], [12], [23], [32], [33]



Obrázek č. 16 a 17: Tepelně-izolační tvárnice a pálená svisle děrovaná tvárnice pro obvodovou stěnu. [11],[12]



Obrázek č. 18: Proces zdění dutinových keramických tvárnic. [12]

Nástupcem vepřovic, tedy nepálených zdicích prvků, jsou hliněné tvárnice vyrobené sušením. Jedná se o tvárnice pro nenosné vnitřní stěny s objemovou hmotností větší než 15 kN/m³, díky které prvky lépe akumulují teplo a mají vyšší vzduchovou neprůzvučnost, tedy akusticky izolují. [12]



Obrázek č. 19: Nepálená hliněná tvárnice. [12]

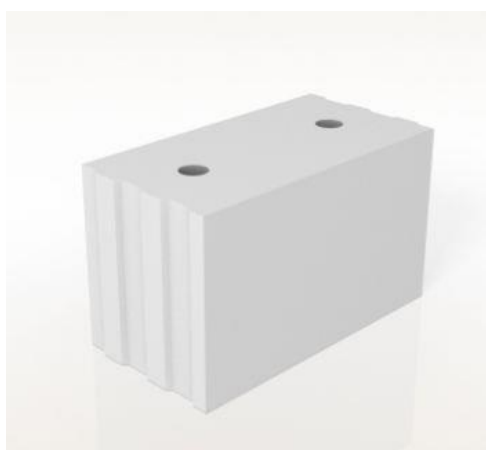
Pálené zdicí prvky jsou blíže specifikovány v normě ČSN EN 771-1. Pro nepálené zdicí prvky neexistuje žádný standard, podle kterého by bylo provedeno prohlášení o shodě. Příkladem výrobců současných pálených zdicích prvků v České republice jsou zdicí systémy Heluz a Porotherm (Wienerberger). [23], [32], [33]

2.2. Vápenopískové cihly

Vápenopískové prvky jsou vyrobeny slisováním a následně vytvrzením ze směsi vápna a přírodních křemičitých materiálů (písek, křemičitý štěrk nebo jiné horniny). Proces slisování a vytvrzení v autoklávu dodává prvkům vysokou pevnost v tlaku až 30 MPa. Pevnost tvárnice běžně dosahuje a odpovídá pevnostními označení P20. K dostání jsou i tvárnice s pevnostním označením P12, P15 a P25.

Vzhledem k vysoké pevnosti prvků jsou nejčastěji využívány pro nosné stěny vícepodlažní objektů pro bydlení nebo u nízkopodlažních domů v rámci ušetření užité plochy objektu. Tloušťka nosné stěny se pohybuje v rozmezí 175/180, 200, 240/250 a 300 mm. Výška tvárnice odpovídá výšce jedné vyzděné řady zdiva a to 200 nebo 250 mm. Délka tvárnice je 333 mm. Kromě vysoké pevnosti se vápenopískové tvárnice vyznačují velkou objemovou hmotností 18 až 22 kN/m³, s otvory 12 až 16 kN/m³. Objemová hmotnost takové velikosti zajišťuje, že mají prvky dobrou akustickou neprůzvučnost $R_w = 45-57$ dB, využívají se tedy i jako zdicí bloky pro akustické stěny. Nenosné stěny jsou vyráběny v tloušťkách 80, 100, 115/120 a 150 mm. Prvky jsou určeny pro ruční zdění na tenkovrstvou maltu v ložné spáře. Styčná spára je opatřena spojovacími výstupky pro suché spojení na sraz zajištěný pero-drážkou proti pootočení. Obvodové stěny je potřeba doplnit tepelně-izolačním materiálem.

Charakteristika vápenopískových cihel pro provádění prohlášení o shodě je specifikována v normě ČSN EN 771-2+A1. Výrobce vápenopískových tvárnice v ČR jsou například Xella – systém Silka, a KM Beta. [13], [14], [23], [32], [33]



Obrázek č. 20 a 21: Vápenopísková tvárnice a proces zdění z vápenopískových tvárnice. [13], [14]

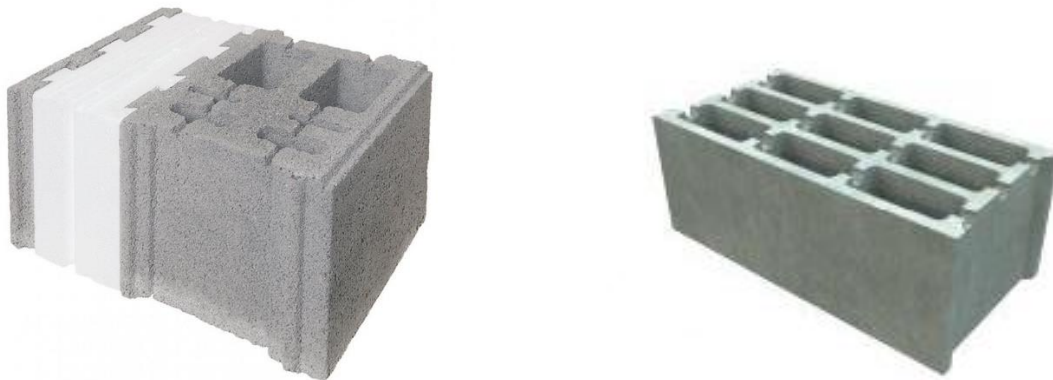
2.3. Betonové tvárnice

Jedná se o zdicí prvky vyrobené z vibrolisovaného hutného nebo lehkého, pórovitého betonu. Směs betonu je složena z křemičitého písku, kamenné drtě, cementu a vody. Typ betonu závisí na použitém kamenivu. Objemová hmotnost pak v této závislosti činí 6 až 20 kN/m³. Označení pevnosti v tlaku lze u betonových tvárnic najít v rozmezí P6 až P20. Tvárnice jsou svisle děrované, některé produkty mají integrovanou tepelně-izolační látku, nejčastěji expandovaným polystyrénem. Hutné prvky také vykazují dobrou akustickou odolnost.

Nosné stěny z betonových tvárnic jsou prováděny v tloušťkách 175, 200, 240, 300, 365 a 400 mm, pro nenosné stěny v tloušťkách 70, 115, 120 a 175 mm. Výška tvárnic je ve dvou variantách 200 a 250 mm, délka se liší dle výrobce, pohybuje se v rozmezí 200–500 mm. Tvárnice jsou navrženy pro ruční zdění na tenkovrstvou maltu v ložné spáře, styčná spára tvoří suchý spoj na pero-drážku. Obvodové stěny je potřeba doplnit o finální vrstvu s tepelně-izolačním materiálem, pokud již tepelně-izolační materiál není integrován přímo v rámci zdicího bloku, finální vrstva je v takovém případě řešena omítnutím.

Specifikace tvárnic a dalších vlastností pro stanovení potvrzení o shodě předepisuje norma ČSN EN 771-3+A1. Příkladem výrobců Betonové stavby – Group – systém Livetherm.

[15], [16], [23], [32], [33]



Obrázek č. 22 a 23: Nosné betonová tvárnice. [15],[16]

2.4. Pórobetonové tvárnice

Jedním z nejčastěji využívaných materiálů pro konstrukce nízkopodlažních, především rodinných domů a primárně jako výplňové a nenosné zdivo domů vícepodlažních jsou zdicí systémy z pórobetonu. Materiály na výrobu pórobetonu jsou cement, vápno, silikát a voda. Jejich hlavní výhodou je nízká hmotnost a snadné řezání pro manipulaci a potřeby návazností při provádění a tepelně-izolační vlastnosti bez nutnosti dodatečného zateplení stěny. Objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 3 až 10 kN/m³. Součinitel tepelné vodivosti tvárnic $\lambda = 0,070$ W/mK. Nevýhodou je nižší pevnost odpovídající P2 a P3, některé tvárnice mají upravené vlastnosti odpovídající P4 a P6.

Jelikož se jedná o prvky používané v rámci zdicího systému, který nabízí také typové prvky pro překlady nad otvory, stropní a střešní konstrukce nebo schodiště, existuje několik typových řad zdicích prvků. Typové řady se liší vlastnostmi prvků, ale také rozměry. Rozměrová řada pro nosné stěny zahrnuje prvky tloušťky 250, 300, 375, 450 a 500 mm. Nenosné stěny jsou vyráběny v tloušťkách 75, 100, 125, 150 a 200 mm. Prvky jsou vyzdívány ručně na tenkovrstvou maltu v ložné spáře, styčná spára je prováděna na pero-drážku nebo opatřena maltou v případě hladkých tvárnic. Finální povrch stěn je tvořen omítnutím, případně systémem ETICS pro obvodové stěny menších tloušťek.

Pórobetonové tvárnice jsou více specifikovány v normě ČSN EN 771-4+A1. Pórobetonové tvárnice v České republice nabízí například společnost Xella – systém Ytong a Multipor, a Porfix. [13], [17], [23], [32], [33]



Obrázek č. 24 a 25: Tvárnice z pórobetonu a proces zděné obvodové stěny z pórobetonu. [13],[17]

2.5. Zdicí prvky z kamene

Kámen je historicky původním zdicím materiálem. V současnosti dělíme zdicí prvky na prvky z přírodního a z umělého kamene. S přírodním kamenem se setkáváme u rekonstrukcí historických a stávajících starších objektů. Stěny těchto objektů mohou být provedeny jako kamenné nebo smíšené z cihel a kamene. Kámen dělíme podle typu na kámen z vyvřelých, usazených nebo přeměněných hornin, ze stavebního hlediska ho lze dále dělit na neopracovaný – lomový, opracovaný – upravena je pouze lící strana, a tesaný – tvar kvádrů.

Umělý kámen je vyráběn z písku, jílu či kamenné drti, pryskyřice či cementu a dalších přísad, např. sklo. Příkladem umělého kamene jsou zdicí tvárnice z keramzitu. Zdivo z kamene se vyznačuje vysokou pevností a odolností, vysokou objemovou hmotností, hlavní nevýhodou jsou tepelně technické vlastnosti kamene.

Zdicí prvky z umělého kameniva jsou blíže specifikovány v normě ČSN EN 771-5+A1 a z umělého kameniva v normě ČSN EN 771-6+A1. Příkladem výrobce tvárnice z umělého kameniva je Liapor. [18], [23], [32], [34], [35]



Obrázek č. 26 a 27: Keramzitová tvárnice a zdivo smíšené. [18],[1]

2.6. Další typy zdicích prvků

Dalším typem zdicích prvků z hlediska tvaru a velikosti jsou velkoformátové pórobetonové nebo vápenopískové prvky. Velkoformátovým prvkem označujeme tvárnice s délkou a výškou prvku větší než 500 mm nebo panely s délkou prvku větší než 500 mm a výškou prvku 2 000 – 3 000 mm. Šířka tvárnice pro nosné konstrukce je nabízena v několika variantách 180, 240/250, 300 a 375 mm, panely určené pro nenosné prvky mají šířku 75 a 100 mm. [13], [23], [32], [33]

Navrhování a posuzování těchto prvků probíhá na základě zvláštních specifikací v EC6 a dalších předpisech. Výhodou těchto prvků je rychlost výstavby s využitím minimální lidské pracovní síly. Velikost prvků je však omezena možnostmi osazovacího stroje a přepravy. Výrobcem v ČR velkoformátových prvků je například společnost Xella.



Obrázek č. 28 a 29: Velkoformátové zdicí prvky. [13]

Zdicími prvky jsou také tvárnice tzv. ztraceného bednění. Jedná se o materiálově smíšené svislé konstrukce, jelikož tyto tvárnice mají uvnitř dutinu, která je následně vyplněna železobetonem. Železobeton je zde hlavním nosným prvkem. Tvárnice, která po zalití zůstává součástí konstrukce, může přebírat část zatížení, může plnit obalovou funkci (odlehčovat konstrukci) nebo může mít tepelně izolační funkci. Tvárnice jsou vyráběny z betonu (společnost BEST nebo Diton), pórobetonu, polystyrenu (společnost ISORAST) nebo dřevoštěpku (společnost VELOX nebo Durisol). Pro prvky smíšených svislých konstrukcí neexistují normy týkající se návrhu konstrukcí. Byly ovšem zavedeny normy udávající výrobní vlastnosti konstrukcí a to EN 15435 pro bednicí tvárnice z betonu a lehkého betonu a EN 15498 pro bednicí tvárnice dřevoštěpkové. [13], [19], [23], [32], [33]



Obrázek č. 30 a 31: Dřevoštěpkové tvárnice pro obvodové stěny [19]

2.7. Spojovací materiály

Funkce spojovacích materiálů ve zdivu je spojení jednotlivých prvků a zarovnání odchylek v rozměrech těchto prvků. Spojovací materiály obvykle vyplňují ložnou a styčnou spáru zdiva. V současnosti je spojovací materiál ve styčné spáře nahrazen suchým spojením. Suchým spojením je tvořeno výstupky a prohlubněmi, které zajišťují propojení zdicích tvárnic, takovým spojem je například pero-drážka.

Tradičním spojovacím materiálem je malta neboli směs vody, písku, vápna a dalších přísad a příměsí. Eurokód 6 rozděluje malty na obyčejné o tloušťce 8-12 mm, lehké nebo také tepelně-izolační o tloušťce cca 3 mm a tenkovrstvé o tloušťce 1-3 mm. Podle způsobu určení jejich složení a přípravy, jsou děleny na malty návrhové (výrobce stanovuje složení a výrobní postup) a předpisové (míchaná na stavbě podle receptury). Pevnost malty v tlaku se pohybuje v rozmezí M1, M2,5, M5, M10, M15 a M20, obvykle využívaná pevnostní třída je M5 nebo M10. Vlastnosti malt jsou více specifikovány v normě ČSN EN 998-2 ED.3. Malta je obvykle nanášena po celé ploše zdicích prvků v tloušťce stěny nebo v širokých pásech pro tvárnice s otvory, kterými jsou vedeny kabely inženýrských sítí. Tenkovrstvou maltu lze použít pouze v případě zdicích prvků s přesnými rozměry.

Dalšími spojovacími materiály jsou zdicí pěny a lepidla. Tyto spojovací materiály lze využít pro zdivo z broušených tvárnic s přesnými rozměry. Obvykle jsou nanášeny ve 2 nebo 4 pásech po tloušťce stěny z důvodu dutin v tvárnících. Jelikož spojovací materiál není na zdicí prvky nanášen celoplošně, je nutné při provádění dbát na dodržení správného technologického postupu z důvodu zajištění soudržnosti mezi zdicím prvkem a spojovacím materiálem. Při použití těchto materiálů je nutné dokládat vlastnosti pomocí certifikátu, prohlášení o shodě.

[2], [23], [32], [34], [35]

3. Stavební předpisy a předpisy pro zděné stavby

Základním stavebním předpisem je zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon, který udává základní požadavky pro navrhování a provádění staveb. Základními požadavky na stavby jsou:

- mechanická odolnost a stabilita;
- požární bezpečnost;
- ochrana zdraví a ochrana životního prostředí;
- bezpečnost a přístupnost při užívání, provozu a údržbě;
- úspora energie;
- udržitelné využívání přírodních zdrojů.

3.1. Stavební předpisy

Pro splnění základních požadavků na stavby byly vytvořeny a jsou dále rozvíjeny normativní předpisy pro navrhování a provádění konstrukcí a materiálů, ze kterých jsou tyto konstrukce zhotovovány. Technickými předpisy důležitými pro zděné stavby jsou:

Pro navrhování a provádění staveb

ČSN EN 1990:2004 – Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-x (soubor) – Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení

ČSN EN 1996-1-1:2024 – Navrhování zděných konstrukcí – Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

ČSN EN 1996-1-2:2006 – Navrhování zděných konstrukcí – Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru

ČSN EN 1996-2:2007 – Navrhování zděných konstrukcí – Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva

ČSN EN 1996-3:2007 – Navrhování zděných konstrukcí – Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí

ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov – Požadavky

ČSN 73 0540-3:2005 – Tepelná ochrana budov – Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4:2005 – Tepelná ochrana budov – Výpočtové metody

Zákon č. 406/2000 Sb., zákon o hospodaření energií

vyhláška č. 264/2020 Sb., vyhláška o energetické náročnosti budov

ČSN 73 0532:2020 – Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních a výrobků – Požadavky

ČSN 73 08xx (soubor) – Požární bezpečnost staveb

Vyhláška č. 23/2008 Sb., vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb

Vlastnosti materiálů a zkušební metody

ČSN EN 771-1+A1: 2017 – Specifikace zdicích prvků – Pálené zdicí prvky

ČSN EN 771-2+A1:2017 – Specifikace zdicích prvků – Vápenopískové zdicí prvky

ČSN EN 771-3+A1:2017 – Specifikace zdicích prvků – Betonové tvárnice s hutným nebo pórovitým kamenivem

ČSN EN 771-4+A1:2017 – Specifikace zdicích prvků – Pórobetonové tvárnice

ČSN EN 771-5+A1:2017 – Specifikace zdicích prvků – Zdicí prvky z umělého kamene

ČSN EN 771-6+A1:2017 – Specifikace zdicích prvků – Zdicí prvky z přírodního kamene

ČSN EN 772-1+A1:2016 – Zkušební metody pro zdicí prvky – Stanovení pevnosti v tlaku

ČSN EN 998-1 ED.3:2017 – Specifikace malt pro zdivo – Malta pro vnitřní a vnější omítky

ČSN EN 998-2 ED.3:2017 – Specifikace malt pro zdivo – Malta pro zdění

ČSN EN 845-1+A1:2017 – Specifikace pro pomocné výrobky pro zděné konstrukce – Stěnové spony, tahové pásy, třmeny a konzolky

ČSN EN 845-2+A1:2017 – Specifikace pro pomocné výrobky pro zděné konstrukce – Překlady

ČSN EN 845-3+A1:2017 – Specifikace pro pomocné výrobky pro zděné konstrukce – Výztuž do ložných spár z ocelové sítě

ČSN EN 206+A2:2021 – Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN EN 1052-1:1999 – Zkušební metody pro zdivo – Stanovení pevnosti v tlaku

ČSN EN 1052-2:2017 - Zkušební metody pro zdivo – Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

ČSN EN 1052-3:2003 – Zkušební metody pro zdivo – Stanovení počáteční pevnosti ve smyku

ČSN EN 1052-4:2001 – Zkušební metody pro zdivo – Stanovení pevnosti ve smyku s hydroizolací

ČSN EN 1052-5:2006 – Zkušební metody pro zdivo – Stanovení přídržnosti malty v ložné spáře v tahu za ohybu

ČSN EN 1015-11:2020 – Zkušební metody malt pro zdivo – Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku

ČSN EN 846-2:2001 – Zkušební metody pro pomocné výrobky pro zděné konstrukce – Stanovení soudržnosti předem zhotovené výztuže do ložných spár

3.2. Navrhování zděných staveb dle EC6

Při navrhování zděných staveb musí být dodrženy veškeré základní požadavky na stavby platné podle stavebního zákona. Eurokód 6 se zabývá požadavkem na mechanickou odolnost a stabilitu u zděných konstrukcí. Další požadavky jsou ustanoveny v konkrétních normách, které byly uvedeny výše.

Spolehlivost zděných staveb je ověřována metodou mezních stavů, která je založena na metodě dílčích součinitelů spolehlivosti. Posouzení konstrukcí pro mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti popisuje norma ČSN EN 1990. Konstrukce musí splňovat spolehlivostní podmínku $E_d \leq R_d (C_d)$, kde E_d je návrhová hodnota účinků od zatížení a $R_d (C_d)$ je návrhová hodnota únosnosti nebo použitelnosti.^[3]

Stěny musí být schopny přenést působící svislé síly od tíhy stavby až do základů, přičemž obvodové zdivo je namáháno také vodorovnými silami od větru. Únosnost zdiva v tlaku, případně v tahu nebo v tahu za ohybu závisí na rozměrech zděné konstrukce, její návaznosti na ostatní konstrukce (vliv excentricity), a především na pevnosti použitých materiálů. Celková pevnost zdiva se skládá z pevnosti zdicího materiálu a pevnosti spojovacího materiálu, která je obvykle nižší než pevnost zdicích tvárnic. Zděné konstrukce jsou na únosnost posuzovány ve 3 částech zděné stěny, a to v hlavě, v polovině výšky a v patě. Části jsou ověřovány odděleně z důvodu rozdílného působení sil od zatížení.

Pro návrh zděných nevyztužených konstrukcí je podle Eurokódu 6 možno postupovat dvěma způsoby:

- standardním výpočtem uvedeným v ČSN EN 1996-1-1
- zjednodušeným výpočtem uvedeným v ČSN EN 1996-3.

Zjednodušený výpočet lze použít pro předběžná ověření a malé stavby za dodržení normou stanovených podmínek pro velikost a provedení objektu. Standardní výpočet je možné využít vždy pro všechny typy zděných objektů a konstrukcí. Zásadní rozdíl mezi metodami výpočtu únosnosti zdiva v tlaku spočívá ve stanovení zmenšovacího součinitele ϕ . U standardního výpočtu se vychází z rozměrů konstrukce, zjednodušená metoda určuje zmenšovací součinitel pomocí štíhlostního poměru. Výsledky zjednodušené metody nejsou zcela přesné, je nutné uvažovat s možnými odchylkami a ponechat v návrhu určitou rezervu. [2], [22], [25], [33]

Materiálové a geometrické charakteristiky konstrukcí jsou dostupné z projektové dokumentace, norem a podkladů od výrobců konstrukčních materiálů. U rekonstrukcí stávajících objektů lze hodnoty získat z dostupné dokumentace a dalších podkladů, pokud tato dokumentace existuje, nebo je možné hodnoty získat provedením stavebního průzkumu.

U stěny je statický výpočet stanovován pro 1 metr běžný na délku stěny. U pilířů a sloupů je posouzení prováděno na skutečnou délku těchto konstrukcí nebo 1 metry běžný, pokud je délka větší. [2], [22],[25], [33]

1. výpočet zatížení

Zatížení se stanovuje výpočtem za využití kombinačních rovnic 6.10. uvedených v ČSN EN 1990, které zahrnují vliv veškerých možných zatížení působících na konstrukci. Hodnoty jednotlivých zatížení obsažených v kombinačních rovnicích určíme podle ČSN EN 1991. Vlastní tíha a stálé zatížení od navazujících konstrukcí se vypočítají z dostupné projektové dokumentace, norem a podkladů od výrobců konstrukčních materiálů. Hodnoty jsou uváděny v Newtonech [N]. [3], [20], [32]

2. geometrické charakteristiky

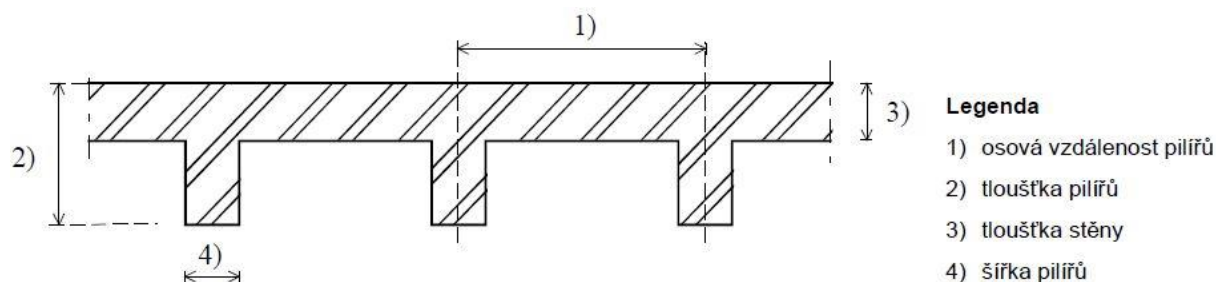
Zjištěné hodnoty z dostupných podkladů jsou přepočteny pro potřeby výpočtu.

- délka $l = 1$ m nebo méně, pokud se jedná o pilíř či sloup [m]
- účinná šířka t_{ef} [m]

$t_{ef} = t$, kde t je tloušťka konstrukce bez svrchních vrstev (nosné část konstrukce)

$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} \cdot t_1^3 + t_2^3}$ je tloušťka stěny spojené sponami s dutinou s tloušťkami jednotlivých vrstev t_1 a t_2 a součinitelem $k_{tef} = E_1/E_2$ [2]

$t_{ef} = \rho_t \cdot t$ pro stěny ztužené pilíři [2]



Obrázek č. 32: Grafické znázornění stěny ztužené pilíři. [2]

Tabulka č.1: Součinitel vyztužení ρ , pro stěny vyztužené pilíři [2]

Poměr osové vzdálenosti pilířů k jejich šířce	Poměr tloušťky pilíře ke skutečné tloušťce stěny, ke které je připojen		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

POZNÁMKA Mezilehlé hodnoty v tabulce 7.1 lze stanovit pomocí lineární interpolace.

– účinná výška $h_{ef} = h \cdot \rho_n$ [m] je vzpěrnou délkou konstrukce [2], kde

h [m] je světlá výška konstrukce mezi vodorovnými nosnými konstrukcemi

ρ_n [-] je redukční součinitel; pro $n = 1, 2, 3, 4$ dle podepření stěny v hlavě a v patě [2]

Redukční součinitel dle podepření stěny nabývá hodnot:

$\rho_1 = 2,0$ pro konstrukce, které jsou plně upevněny pouze v patě [2]

$\rho_2 = 1,0$ pro plné podepření v hlavě i v patě nebo [2]

$\rho_2 = 0,75$ pro konstrukce s plným podepřením v hlavě i v patě průběžným přes tloušťku konstrukce [2]

u konstrukcí podepřených v hlavě i v patě a jsou ztuženy podél jednoho svislého okraje, pokud

$h \leq 3,5 \cdot l$ pak je $\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot l}\right]^2} \cdot \rho_2$ nebo $\rho_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} \geq 0,3$ pokud $h > 3,5 \cdot l$ [2]

u konstrukcí podepřených v hlavě i patě a jsou ztuženy podél obou svislých okrajů, pokud $h \leq$

$1,15 \cdot l$ pak je $\rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 \cdot h}{l}\right]^2} \cdot \rho_2$ nebo $\rho_4 = \frac{0,5 \cdot l}{h}$ pokud $h > 1,15 \cdot l$ [2]

– štíhlostní poměr $\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 27$, pokud $\lambda > 27$ nutno zvětšit tloušťku konstrukce [2]

3. materiálové a mechanické charakteristiky

Zdicí prvky jsou v EC6 dále rozřazovány do kategorií a skupin. Kategorie udávají úroveň kontroly zdicích prvků při jejich výrobě. Úrovně kontroly jsou uvedeny v normách ČSN EN 771-1 až 771-6. Kategorie zdicích prvků I. je pro zdicí prvky, které při výrobě dosáhnou předepsané pevnosti v 95 %, většina zdicích prvků dostupných na trhu. Zdicími prvky II. kategorie jsou prvky, které nesplňují podmínky pro I. kategorii, např. nepálené cihly nebo těžký kámen. Výrobci zdicích prvků deklarují zařazení prvků do kategorií.

Do skupin jsou zdicí prvky děleny podle jejich geometrie, především podle rozměrů otvorů, dutin a žeber jednotlivých zdicích bloků. Podíl otvorů a plných částí ve zdicím prvků má vliv na jeho pevnost, otvory zeslabují materiál prvku. Skupina konkrétního zdicího prvku je deklarována výrobcem. Norma rozlišuje skupinu 1S, skupinu 1, skupinu 2, skupinu 3 a skupinu 4. Zdicí prvky skupiny 4 – vodorovné otvory nejsou v České republice využívány.

[2], [22], [26], [33]

Tabulka č. 2: Geometrické požadavky na zařazení zdicích prvků do skupin [2]

	Materiály a omezení pro zdicí prvky								
	Skupina 1S (všechny materiály) ^a	Skupina 1 (všechny materiály) ^a	Zdicí prvky	Skupina 2		Skupina 3		Skupina 4	
				Svislé otvory				Vodorovné otvory	
Objem všech otvorů (v % celkového objemu zdicího prvku)	≤ 5	≤ 25	Pálené	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
			Vápeno-pískové	> 25; ≤ 55		nepoužívají se		nepoužívají se	
			Betonové ^b	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Objem jednotlivého otvoru (v % celkového objemu zdicího prvku)	Bez požadavku	≤ 12,5	Pálené	Každý z vícenásobných otvorů ≤ 2; úchytné otvory celkem do 12,5		Každý z vícenásobných otvorů ≤ 2; úchytné otvory celkem do 12,5		Každý z vícenásobných otvorů ≤ 30	
			Vápeno-pískové	Každý z vícenásobných otvorů ≤ 15; úchytné otvory celkem do 30		nepoužívají se		nepoužívají se	
			Betonové ^b	Každý z vícenásobných otvorů ≤ 30; úchytné otvory celkem do 30		Každý z vícenásobných otvorů ≤ 30; úchytné otvory celkem do 30		Každý z vícenásobných otvorů ≤ 25	
Deklarované hodnoty tloušťky vnitřních a obvodových žeber (mm)	Bez požadavku	Bez požadavku		Vnitřní žebro	Obvodové žebro	Vnitřní žebro	Obvodové žebro	Vnitřní žebro	Obvodové žebro
			Pálené	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
			Vápeno-pískové	≥ 5	≥ 10	nepoužívají se		nepoužívají se	
	Betonové ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20		
Deklarované hodnoty souhrnné tloušťky vnitřních a obvodových žeber ^a (v % celkové šířky zdicího prvku)	Bez požadavku	Bez požadavku	Pálené	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
			Vápeno-pískové	≥ 20		nepoužívají se		nepoužívají se	
			Betonové ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	
^a Souhrnná tloušťka je součet tlouštěk všech vnitřních a obvodových žeber, měřených vodorovně v odpovídajícím směru. Kontrola se považuje za kvalifikační zkoušku a opakuje se jen tehdy, pokud dochází k zásadní změně návrhu rozměrů zdicího prvku. ^b Při zužujících se nebo komůrkových otvorech se použije průměrná hodnota tloušťky žebra vnitřního nebo obvodového.									

– charakteristická pevnost v tlaku f_k [MPa]

Charakteristická pevnost v tlaku může být převzata z pokladů výrobce nebo výpočtem, kdy:

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad [2], \text{ kde}$$

K [-] je konstanta stanovená na základě tabulky, u zdicích prvků skupiny 2 a 3 se hodnota součinitele vynásobí hodnotou 0,5 [2]

Tabulka č. 3: Součinitel K pro zdivo s obyčejnou maltou, maltou pro tenké spáry a lehkou maltou [2]

Zdicí prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry	Lehká malta objemové hmotnosti	
				$600 \leq \rho_d \leq 800$ (kg/m ³)	$800 < \rho_d \leq 1\,500$ (kg/m ³)
Pálené	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Vápenopískové	Skupina 1	0,55	0,80	a	a
	Skupina 2	0,45	0,65	a	a
Betonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	a	a
	Skupina 4	0,35	a	a	a
Pórobetonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Z umělého kamene	Skupina 1	0,55	0,80	a	a
Pravidelné zdicí prvky z přírodního kamene	Skupina 1	0,45	a	a	a

^a Tato kombinace malty a zdicích prvků se obvykle nepoužívá, a proto žádná hodnota není uvedena.

f_b [MPa] je normalizovaná pevnost zdicího prvky v tlaku z podkladů výrobců nebo na základě prováděných zkoušek vypočtená ze vzorce a tabulek dle ČSN EN 772-1 z $f_b = f_u \cdot \delta \cdot \eta$ [2], kdy f_u je průměrná pevnost zdicího prvku stanovená pevnostními zkouškami, δ je součinitel vlivu šířky a výšky zdicího prvku, η je součinitelem uvažující přirozenou vlhkost zdicího prvku

f_m [MPa] je průměrná pevnost zdicí malty v tlaku

α a β jsou konstanty stanovené na základě typu použitého spojovacího materiálu a tloušťky ložné spáry.

Upravený obecný vzorec se známými konstantami α a β je vyjádřen:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \text{ pro zdivo na obyčejnou maltu a na maltu s lehkým kamenivem } [2]$$

$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$ pro zdivo na tenkovrstvou maltu s tloušťkou spáry 0,5 až 3 mm, pro pálené zdicí prvky skupiny 1 a 4, vápenopískové, pórobetonové, betonové prvky a prvky pravidelného tvaru z přírodního kamene [2]

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \text{ pro zdivo z pálených zdicích prvků skupiny 2 a 3. } [2]$$

- dílčí součinitel spolehlivosti γ_M [-]

Dílčí součinitele jsou stanoveny v příložené tabulce č. 4.1. z ČSN EN 1996-1-1, pokud nejsou v národní příloze k normě uvedené jiné hodnoty.

Tabulka č. 4: Dílčí součinitel materiálu γ_M [2]

Materiál		γ_M
A	Zdicí prvky kategorie I a návrhová malta ^a	2,0
B	Zdicí prvky kategorie I a předpisová malta ^b	2,2
C	Zdicí prvky kategorie II a jakákoli malta ^{a, b, e}	2,5
D	Kotvení ocelové výztuže	2,2
E	Betonářská a předpínací výztuž a výztuž ložných spár	1,15
F	Pomocné prvky ^{c, d}	2,2
G	Překlady podle EN 845-2 ^f	2,0

^a Požadavky na návrhovou maltu jsou uvedeny v EN 998-2 a EN 1996-2.

^b Požadavky na předpisovou maltu jsou uvedeny v EN 998-2 a EN 1996-2.

^c Hodnoty, které jsou deklarovány výrobcem, jsou hodnoty průměrné.

^d Pro vrstvu izolace proti vlhkosti se používá součinitel γ_M jako pro zdivo.

^e Pokud variační součinitel pro zdicí prvky kategorie II není větší než 25 %.

^f Deklarované hodnoty pro únosnost jsou hodnoty průměrné, ale také mohou být deklarovány hodnoty charakteristické. Uvedený dílčí součinitel se vztahuje k deklarované průměrné hodnotě.

- návrhová pevnost v tlaku $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$ [MPa] [2]

- charakteristická pevnost zdiva ve smyku f_{vk} [MPa]

pokud je styčná spára vyplněna maltou $f_{vk} = f_{vk0} + \mu_f \cdot \sigma_d \leq f_{vit}$ [2]

nebo pokud není styčná spára vyplněna maltou (suchý spoj) $f_{vk} = 0,5f_{vk0} + \mu_f \cdot \sigma_d$ menší než $0,045f_b$ nebo f_{vit} [2], kde

f_{vk0} je charakteristická hodnota počáteční pevnosti ve smyku, když napětí v tlaku je rovno 0; hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.4. v ČSN EN 1996-1-1:2024 nebo ze zkoušek

μ_f je součinitel tření zjištěný z prováděných zkoušek dle EN 1052-3 a 4

σ_d je návrhové napětí v tlaku kolmé na smykovou sílu

f_{vt} je nejvyšší možná hodnota f_{vk}

- návrhová pevnost zdiva ve smyku $f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M}$ [MPa] [2]
- charakteristická pevnost zdiva v tahu za ohybu f_{xki} [MPa]

Jsou rozlišovány 2 roviny porušení při ohýbání zděné konstrukce, a to rovnoběžně s ložnými spárami f_{xk1} nebo kolmo k ložným spárám f_{xk2} . Hodnoty lze získat z prováděných zkoušek nebo z tabulek 5.5. a 5.6. z ČSN EN 1996-1-1:2024.

- návrhová pevnost zdiva v tahu za ohybu $f_{xdi} = \frac{f_{xki}}{\gamma_M}$ [2]

4. posouzení

Další geometrické charakteristiky vycházející z výše zjištěných hodnot nezbytné pro posouzení.

- plocha stěny $A = l \cdot t_{ef}$ [m²]
- spolehlivostní podmínka pro zděné konstrukce zatížené svislým tlakem $N_{Ed} \leq N_{Rd}$, kde

N_{Ed} [N] je návrhová hodnota svislé tlakové síly působící na konstrukci vypočtená v bodě 1. výpočet zatížení

$N_{Rd} = A \cdot f_d \cdot \phi$ [N] je návrhová svislá únosnost v tlaku zděné konstrukce [2]

Pro výpočet únosnosti zdiva v hlavě a v patě bude vzorec upraven na $N_{Rd} = A \cdot f_d \cdot \phi_i$. [2]

Pro výpočet únosnosti zdiva v polovině výšky bude použit vzorec $N_{Rd} = A \cdot f_d \cdot \phi_m$. [2]

- excentricita

Zděná konstrukce může být zatížená jak dostředným, tak mimostředným tlakem v závislosti na uložení vodorovné nosné konstrukce na zděný konstrukční prvek. Aby bylo správně určeno působení svislého a vodorovného zatížení na konstrukci, musí být stanovena poloha výslednice působících zatížení vzhledem ke středu průřezu zděné konstrukce. Při změření vzdálenost polohy výslednice od středu průřezu je získána hodnota výstřednosti nebo také excentricity. [2], [22], [33]

Vliv excentricity je do statického výpočtu promítnut zmenšovacím součinitelem ϕ [-].

Pro zatížení v hlavě a v patě zděné konstrukce se zmenšovací součinitel vypočte takto:

$$\phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} [-] \text{ [2]}, \text{ kde}$$

$$e_i = e_{fi} + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05t \text{ [mm]} \text{ [2]}, \text{ pro}$$

$e_{fi} = \frac{M_{id}}{N_{id}} \text{ [mm]} \text{ [2]}$, kde M_{id} je návrhová hodnota ohybového momentu v hlavě nebo v patě způsobeného výstředností zatížení stropních konstrukcí v podporách a N_{id} je návrhová hodnota svislého zatížení působícího v hlavě nebo v patě

$e_{hi} = \frac{M_{hi}}{N_{hi}} \text{ [mm]} \text{ [2]}$ je výstřednost v hlavě/v patě stěny od vodorovných sil (od větru či krovu)

$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} \text{ [mm]} \text{ [2]}$ je počáteční nebo také náhodná výstřednost, která počítá s možnými geometrickými imperfekcemi zdiva.

Pokud štíhlost zdiva vykazuje hodnoty λ vyšší než 15, by do výstřednosti měl být zahrnut vliv dotvarování zdiva $e_k = 0,0002 \cdot f_\infty \cdot \sqrt{t \cdot e_m} \cdot \frac{t_{ef}}{h_{ef}}$, kde f_∞ je konečná hodnota dotvarování z normy. [2]

$$e_i = e_{fi} + e_{hi} + e_{init} + e_k \text{ [2]}$$

Pro zatížení působící v polovině výšky zděné konstrukce je výpočet zmenšovacího součinitele v původní normě ČSN EN 1996-1-1:2007 proveden takto:

$$\phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}}, \text{ kde}$$

$$A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t}$$

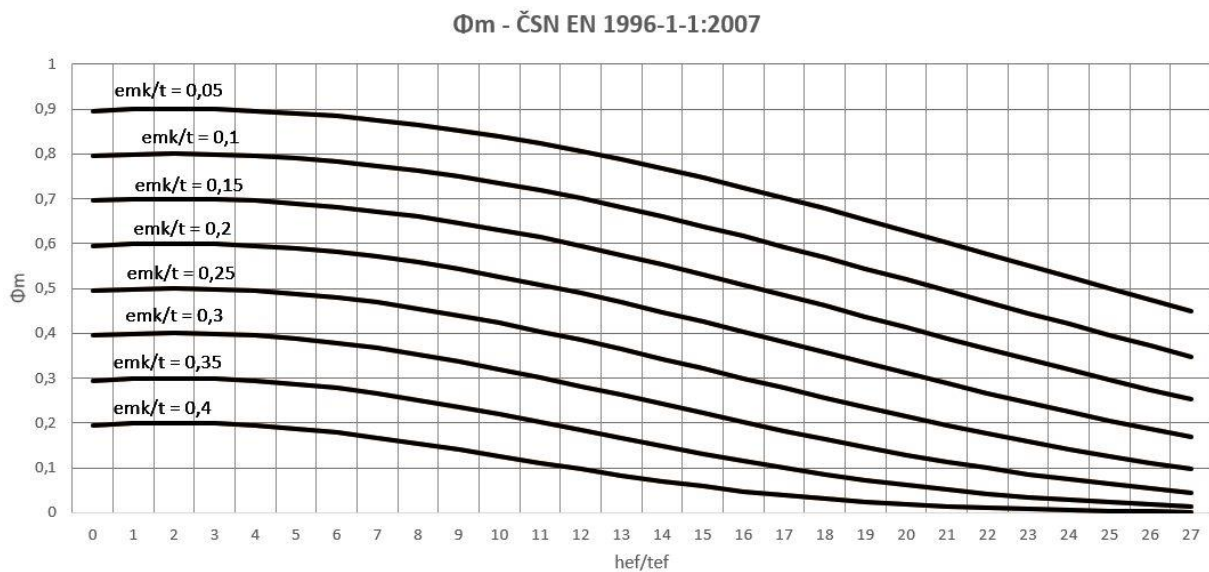
$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}}$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

Pro $E = 1000f_k$ a pro $E = 700f_k$ lze upravit do podoby:

$$u = \frac{\frac{h_{ef}}{t_{ef}} - 2}{23 - 37 \cdot \frac{e_{mk}}{t}}$$

$$u = \frac{\frac{h_{ef}}{t_{ef}} - 1,67}{19,3 - 31 \cdot \frac{e_{mk}}{t}}$$



Obrázek č. 33: Součinitel ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ dle EC6:2007. [1]

V aktualizované normě ČSN EN 1996-1-1 s platností od 04/2024 je výpočet proveden takto:

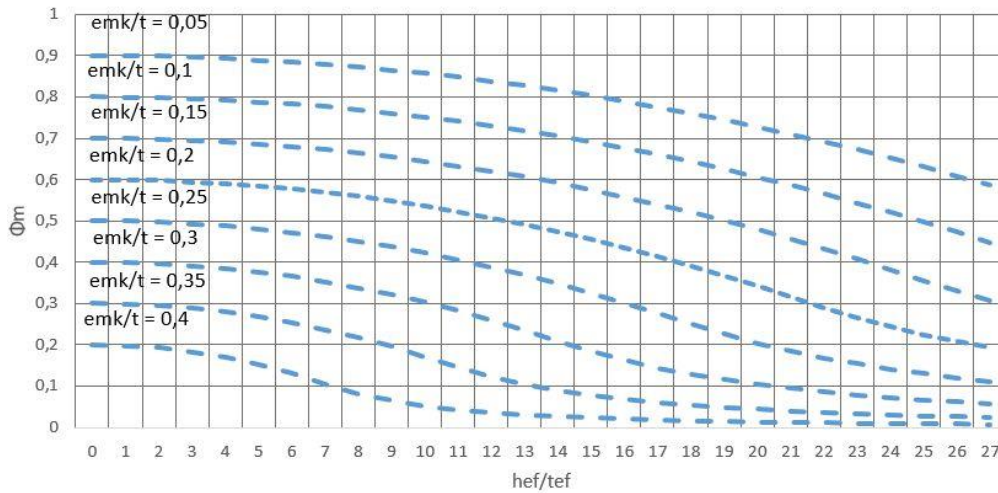
a) pro zděné konstrukce zatížené převážně svislým zatížením

$$\phi_m = \begin{cases} A_1 - \frac{\lambda^2}{2,58A_1}; & \text{pro } \lambda < 1,14A_1 \\ 0,65 \cdot \frac{A_1^3}{\lambda^2}; & \lambda \geq 1,14A_1 \end{cases}, \text{ kde}$$

$$A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t}$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

Φ_m - ČSN EN 1996-1-1:2024 - svislé zatížení



Obrázek č. 34: Součinitel ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ dle EC6:2024. [1]

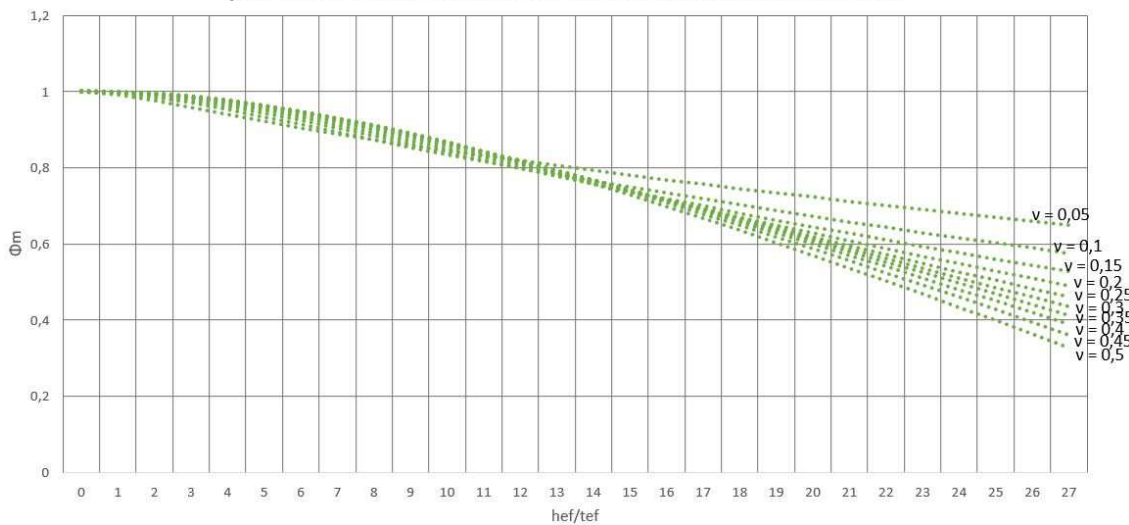
b) pro zděné konstrukce zatížení kombinací svislého a bočního zatížení

$$\phi_m = \frac{1-A_1}{1-\nu}, \text{ kde}$$

$$A_1 = \begin{cases} \frac{2,58\nu + \sqrt{(2,58\nu)^2 + 10,33\lambda^2}}{5,17}; & \text{pro } \lambda < 1,14A_1 \\ \left(\frac{\lambda^2\nu}{0,65}\right)^{1/3}; & \text{pro } \lambda \geq 1,14A_1 \end{cases}$$

$$\nu = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_d}$$

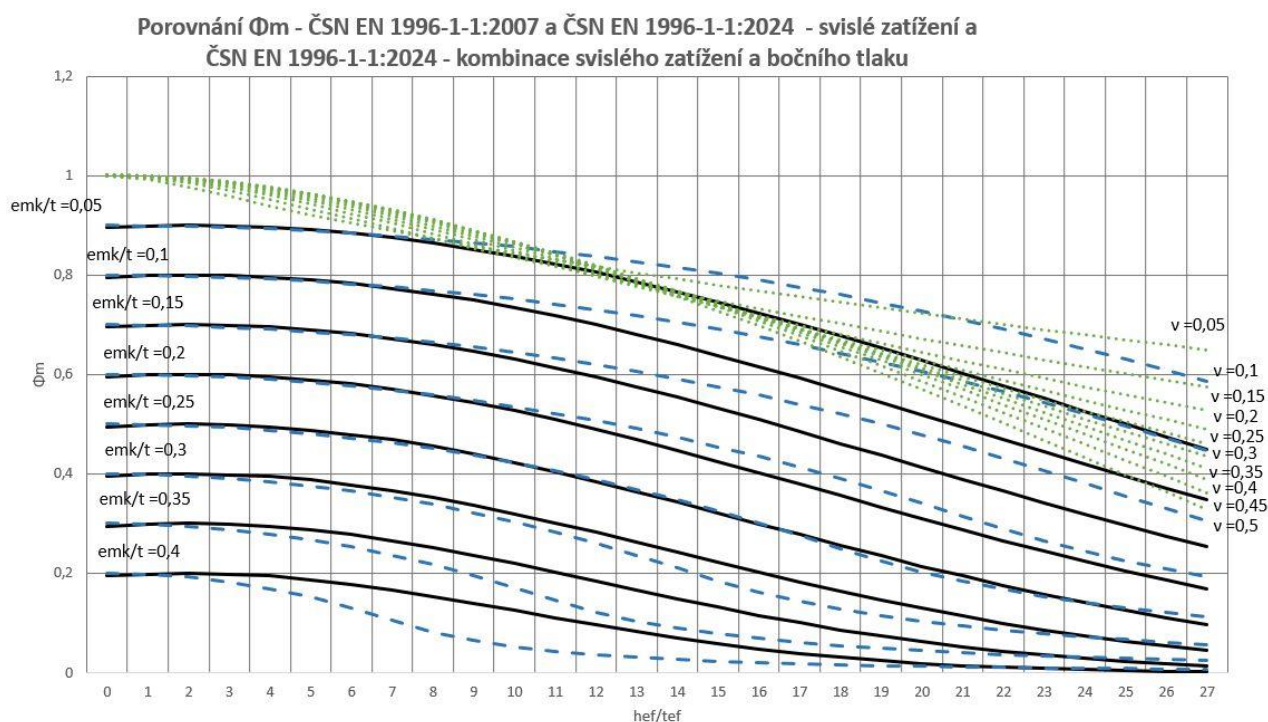
Φ_m - ČSN EN 1996-1-1:2024 - kombinace svislého zatížení a boční tlaku



Obrázek č. 35: Součinitel ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ dle EC6:2024. [1]

Výpočet dle původní normy z roku 2007 je zde uváděn pro možnost porovnání obou výpočtů, ze kterých vyplývá, že hodnoty zmenšovacího součinitele ϕ_m jsou v nové formě výpočtu příznivější pro zděné konstrukce s větší štíhlostí. V současné době je kromě provádění stěn s menší tloušťkou také snižována jejich objemová hmotnost, a to až o jednu čtvrtinu. Přidali se k tomu používání stropních konstrukcí s velkým rozpětím nad pět metrů a nutnost navrhování těžkých akustických příček na těchto střepech, působení celkové svislé síly v posuzované zděné stěně nabírá na excentricitě. Vlivem popsanych faktorů, kterými jsou menší tloušťka a lehký materiál zdiva, velká štíhlost stěny a zvyšující se excentricita svislé síly od působícího zatížení, se součtem těchto faktorů výslednice síly posouvá dále od těžiště průřezu stěny a dochází k výraznému snížení její celkové únosnosti v tlaku. Namáhání stěny vlivem značné excentricity může vést ke vzniku tahu na vnější straně průřezu stěny. Důsledkem tahu je možný vznik trhlin ve zdivu.

Druhým důvodem uvedení původního výpočtu je posuzování stávajících zděných staveb, které byly do roku 2024 navrhovány tímto způsobem. [1], [4]



Obrázek č. 36: Porovnání součinitele ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ pro původní normu ČSN EN 1996-1-1:2007 (plná čára) a novou normu ČSN EN 1996-1-1:2024 1.metoda (čárkovaná čára) a 2.metoda (tečkovaná čára). [1]

- spolehlivostní podmínka namáhání konstrukcí soustředným tlakem $N_{Edc} \leq N_{Rdc}$, kde

N_{Edc} [N] je návrhová hodnota svislého soustředného zatížení

$N_{Rdc} = \beta_{con} \cdot A_b \cdot f_d$ [N] je návrhová hodnota únosnosti konstrukce při soustředném zatížení^[2]

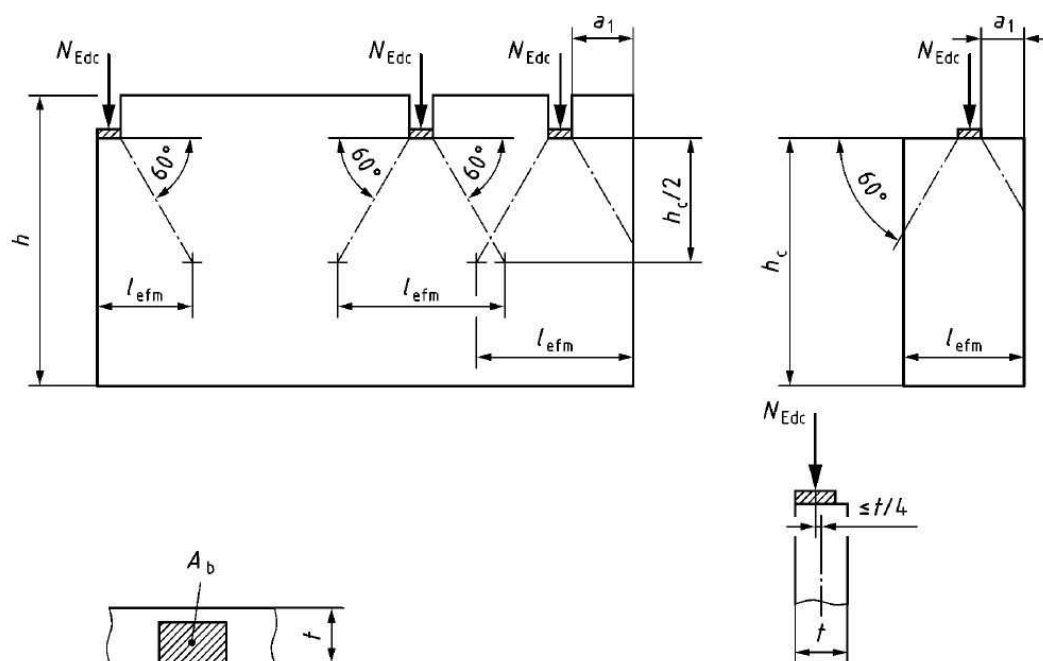
f_d je návrhová pevnost zdiva v tlaku [MPa]

A_b je plocha [m²], na kterou působí soustředné zatížení

β_{con} [-] je zvětšující součinitel pro zdící prvky skupiny 2, 3, 4 roven 1,0 a pro zdící prvky skupiny 1 se vypočte ze vzorce:

$$\beta_{con} = \left(1 + 0,3 \cdot \frac{a_1}{h_c}\right) \cdot \left(1,5 - 1,1 \cdot \frac{A_b}{A_{ef}}\right) \leq \min\left(1,25 + \frac{a_1}{2h_c}; 1,5\right) \text{ pro}$$

$$A_{ef} = l_{efm} \cdot t; \frac{A_b}{A_{ef}} = \max 0,45 \text{ [2]}$$



Obrázek č. 37: Grafické zobrazení rozměrů pro výpočet soustředného zatížení. [2]

- spolehlivostní podmínka pro zděné konstrukce zatížené smykem $V_{Ed} \leq V_{Rd}$, kde

V_{Ed} je návrhová hodnota působící smykové síly od zatížení [N]

$V_{Rd} = f_{vd} \cdot t \cdot l_c$ je návrhová hodnota únosnosti zdiva ve smyku [N]^[2], kde

f_{vd} je návrhová pevnost zdiva ve smyku [MPa]

t je tloušťka zděné konstrukce [mm]

l_c je délka tlačené části zděné konstrukce s vyloučením části namáhané tahem [mm]

Jedná se o případ zatížení zděné konstrukce kombinací svislého a vodorovného zatížení, proto musí být také splněna podmínka $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, kde

M_{Ed} [Nm] je návrhová hodnota ohybového momentu od zatížení

$$M_{Rd} = \frac{N_{Ed} \cdot l}{2} \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{t \cdot l \cdot \eta_f \cdot \phi \cdot f_d} \right) \text{ [Nm]} \text{ je návrhová hodnota únosnosti zdiva v ohybu} \text{ [2]}$$

pro návrhovou hodnotu svislého zatížení N_{Ed} , celkovou délku stěny l , tloušťku stěny t , součinitel pravoúhlosti η_f , zmenšovací součinitel ϕ a návrhovou pevnost zdiva v tlaku f_d .

- spolehlivostní podmínka pro zděné konstrukce zatížené bočním tlakem

Boční zatížení konstrukcí je způsobeno tlakem větru na vyzdívku, který zapříčiňuje namáhání konstrukce v ohybu. Namáhání konstrukce je ovlivněno podepřením zděné konstrukce na 1, 2, 3 nebo 4 stranách. Spolehlivostní podmínky je tedy $M_{Ed} \leq M_{Rd}$, kde

M_{Ed} [Nm] je návrhová hodnota ohybové momentu od zatížení vypočtená jako

$$M_{Ed1} = \alpha_1 \cdot w_{Ed} \cdot l^2 \text{ pro porušení v rovině rovnoběžně s ložnými spárami (} f_{xk1} \text{) [2],}$$

$$M_{Ed2} = \alpha_2 \cdot w_{Ed} \cdot l^2 \text{ pro porušení v rovině kolmé k ložným spárám (} f_{xk2} \text{) [2],}$$

z délky zděné konstrukce l , návrhové hodnoty bočního zatížení w_{Ed} a součinitelů α_1 a α_2 , které jsou určeny na základě podepření okrajů zděné konstrukce a poměru výšky a délky této

$$\text{konstrukce } (\alpha_1 = \mu \cdot \alpha_2, \mu = \frac{f_{xd1}}{f_{xd2}}, \frac{f_{xd1,app}=f_{xd1}+\sigma_d}{f_{xd2}}, \frac{f_{xd1}}{f_{xd2,app}}) \text{ [2],}$$

$M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z$ [Nm] je návrhová hodnota únosnosti zdiva v ohybu vypočtená z návrhové hodnoty pevnosti zdiva v ohybu f_{xd} a průřezového modulu Z ($t^2/6$). [2]

4. Faktory, které je třeba vzít v úvahu při výběru technického řešení zděných staveb

Výběr materiálu

Materiál zdicích prvků a spojovacích hmot vybraných pro stavbu musí být zvolen tak, aby zdivo odolalo účinkům od zatížení a vlivů prostředí, které budou na stavbu působit. Rozhodující je účel stavby, konstrukční systém a počet podlaží. Smí se používat pouze ty materiály, výrobky a systémy z nich, u kterých je prokázána jejich vhodnost. Vhodnost lze doložit na základě platných norem zaměřených na specifikaci zdicích materiálů nebo certifikací materiálů pomocí provedení laboratorních zkoušek.

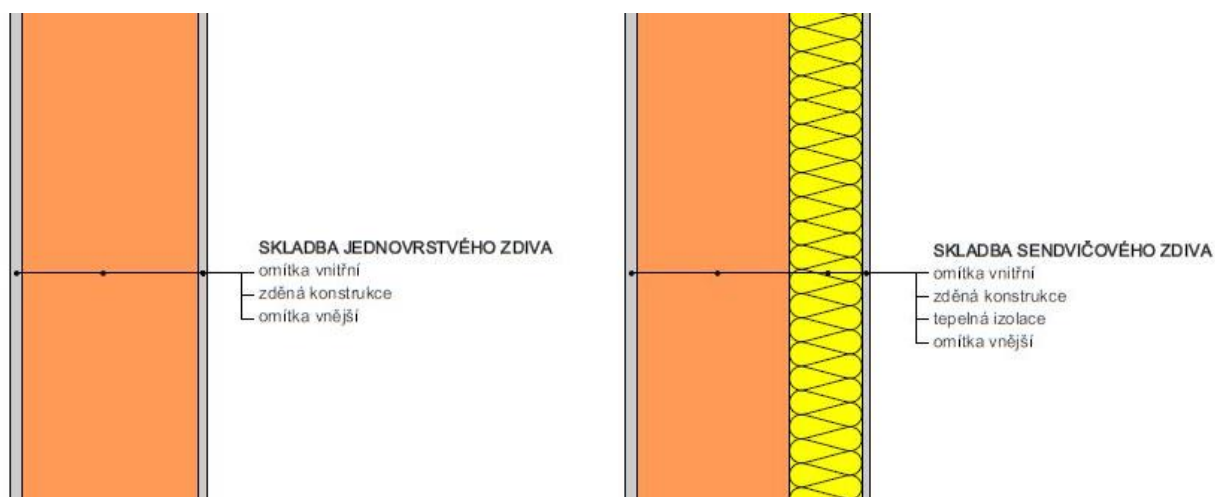
Volba materiálu pro zděný objekt je obvykle provedena a ověřena osobou odborně způsobilou (projektantem a statikem) zpracovávající projektovou dokumentaci stavby podle platných norem a předpisů pro navrhování a provádění staveb s přihlédnutím k přání investora. Roli ve volbě materiálu hraje také, zda se jedná o stěnu, pilíř nebo sloup a jejich rozměry. Například pro meziokenní pilíře je často potřeba zvolit materiál s vyšší pevností z důvodu působení většího soustředného zatížení, nebo materiál s vyšší objemovou hmotností a vzduchovou neprůzvučností pro dělicí a akustické stěny.

Současným trendem výrobců zdicích tvárnic je poskytovat na trhu tepelně izolační a akustické bloky s nízkou hmotností a co nejmenší tloušťkou stěny. Tento trend je způsoben požadavky investorů na snížení celkových ekonomických nároků na stavbu. Ekonomickými nároky jsou v tomto případě například snížení energetické náročnosti objektu, zvětšení podlahové/užitné plochy při minimálním rozměru budovy, potřeba menšího počtu pracovní síly na stavbě, a mnoho dalších. Nosná funkce stěn je tímto mírně upozaděna, na volbu vhodného materiálu je pro správnou funkčnost konkrétních objektů potřeba klást zvláštní důraz.

Vyjma nosné funkce pro zajištění mechanické odolnosti a stability by měl zvolený zdicí materiál rovněž vyhovět i ostatním požadavkům na stavby. Důležitými aspekty jsou trvanlivost, požární odolnost nebo zdravotní nezávadnost. [27], [32]

Tloušťka zdiva a vazba zdiva

Celková tloušťka zdiva je ovlivněna zvoleným typem zdiva podle uložení zdicích prvků. Existuje zdivo jednovrstvé, dvouvrstvé nebo i vícevrstvé či sendvičové. Jednovrstvé zdivo přímo tvoří tloušťku stěny a je schopno pro tuto tloušťku zajistit mechanickou i stavebně-fyzikální funkci, u vícevrstvého zdiva jsou tyto funkce zpravidla odděleny, mechanickou funkci zde zajišťuje zdivo, stavebně-fyzikální pak tepelná izolace a další krycí vrstvy.



Obrázek č. 38: Schéma skladby zdiva jednovrstvého a sendvičového. [1]

Nejmenší plocha příčného řezu nosné stěny musí být alespoň $0,04 \text{ m}^2$ po odečtení ploch drážek a výklenků.^[2] Pro menší rozměry nelze uplatnit normu ČSN EN 1996-1-1.

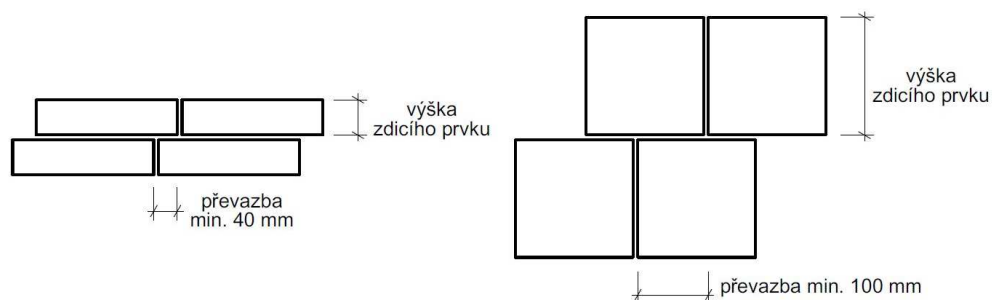
V ČR platí doporučené hodnoty $t_{min} = 140 \text{ mm}$ pro nosné stěny a $t_{min} = 90 \text{ mm}$ pro přízdívky.^[2] Nosné stěny v tloušťkách 140, 150, 170, 175/180 a 200 mm jsou dle poměru štíhlé stěny. Při návrhu nosné stěny této tloušťky je třeba se zaměřit na využití zdicích materiálů s vysokou pevností, aby bylo možné zajistit požadovanou odolnost konstrukce.

Stěny o tloušťce 240, 250 a 300 mm jsou běžně navrhovány pro vnitřní nosné konstrukce. Při využití dodatečných tepelně-izolačních a dalších krycích vrstev a zdicích materiálů s vyšší pevností lze stěny těchto tloušťek provádět i jako obvodové.

Tloušťky vnějších či obvodových stěn se pohybují v rozmezí 365, 375/380, 400, 440, 500 až 550 mm. V současnosti plní vnější stěny zároveň nosnou i tepelně-izolační funkci.

Podzemní stěny lze také provádět jako zděné. Vhodné je využít betonových zdicích prvků s maltou v ložné i styčné spáře, které zvládnou přenést namáhání od zemního tlaku. Důležité je také opření stěn o tuhou stropní konstrukci či základ a provedení ztužujících stěn v kolmém směru. Stěny může být vhodné zesílit pilíři nebo jiným vyztužením. [2], [33]

Aby vzájemně spolupůsobily jednotlivé prvky svislé zděné konstrukce je potřeba při provádění provést převazbu zdiva. Vazba zdiva je pravidelné uspořádání zdicích prvků nad sebou o 0,4 výšky zdicího prvku, například pro zdicí prvek s výškou 250 mm činí posunutí, převázání tvárnic 100 mm. Zjednodušeně lze říci, že jde o kladení zdicích prvků tak, aby styčná spára zdiva nebyla průběžná. Vazba je důležitá pro správné roznesení svislých tlakových zatížení bez velkého vybočení stěny. Historicky bylo možné provést převazbu zdiva z cihel pálených klasického formátu 290x140x65 mm v různých variantách – vazáková vazba, běhounová vazba nebo křížová vazba a další. Ve spárách byla malta v tloušťce přibližně 10 mm. Současné zdicí bloky jsou prováděny ve vazákové vazbě, styčná spára je prováděna bez malty jako suchý spoj, ložná spára má vrstvu spojovacího materiálu 1-3 mm. [2], [33]



Obrázek č. 39 a 40: Vazba zdiva pro prvky výšky 65 mm a prvky výšky 250 mm. [1]



Obrázek č.41 a 42: Běhounová vazba z cihel pálených a vazáková vazba z dutinových bloků. [1]

Příčky a akustika

Tloušťku nenosných zděných stěn volíme podle požadavků na jejich délku a výšku, akustiku či vedení instalací. Příčky jsou pro oddělení od stropní konstrukce v patě ukládány na separační podložku, např. asfaltový pás, v hlavě nejsou přisazeny ke stropu natvrdo, nýbrž pružně pomocí kotvicích pásků, kdy je zde ponechána spára vyplněna izolací pro vyrovnání deformací a průhybu stropu. Spojení příčky s nosnou stěnou by mělo být pružné, např. pomocí kovových pásků. Pod příčky větších tlouštěk a hmotností v nejnižším podlaží je vhodné provést základovou konstrukci, pod příčky na střepech je nutné provést ztužení ocelovými pruty u monolitického stropu, ztužujícím pásem u skládaného stropu nebo například soustavou 2-3 nosníků u prefamonolitického stropu z nosníků a vložek. [20], [32], [33]

Hodnoty vzduchové neprůzvučnosti stěn stanovuje norma ČSN 73 0532. Hladina vzduchové neprůzvučnosti konstrukcí mezi jednotlivými místnostmi stejného bytu by neměla přesáhnout 40 dB, pro mezibytové stěny pak 53 dB. Zajištění vzduchové neprůzvučnosti může být dosaženo návrhem stěn z materiálu s větší objemovou hmotností nebo navýšením tloušťky stěny. Hladinu neprůzvučnosti je vhodné posoudit také u obvodových stěn, které jsou zatížené hlukem zvenčí, například od dopravy. [20], [32]

Otvory a drážky ve zdivu

Otvory, drážky a výklenky nesmí negativně ovlivnit stabilitu zděné konstrukce. Roznos zatížení nad otvorem (dveře, okno) je tradičně vyřešen překladem, který tíhu zatížení předá do zdiva v ostění otvoru. Překlad může být systémový, z ocelových válcovaných prvků (pro velká světlá rozpětí otvorů a velká zatížení nad otvorem) nebo železobetonový. Výška překladu je v současnosti navrhována a prováděna na výšku jedné vrstvy zdiva, tedy 250 mm. Délka uložení překladu na zdivo závisí na potřebném rozpětí, pro překlady delší než 3 m musí být uložení větší než 150 mm.

Drážky, výklenky a prostupy ve zděných konstrukcích jsou obvykle prováděny pro vedení rozvodů instalací (vodovod, elektřina, a další). Maximální dovolené rozměry drážek, kdy nedojde k úpravě účinné plochy zděné konstrukce jsou uvedeny v ČSN EN 1996-1-1 v tabulce č. 10.1. Oslabení drážkami nebo výklenky je nutné brát v úvahu při stanovení účinné tloušťky a plochy zděné konstrukce. Vliv oslabení lze rozdělit do 3 případů:

- zděná konstrukce je bez drážek a výklenků nebo s drážkami a výklenky o maximálních rozměrech stanovených v EC6 – standardní výpočet beze změn
- oslabení průřezu konstrukce do 25% - účinná plocha musí být úměrně redukována
- oslabení průřezu konstrukce nad 25% - podrobný výpočet v místě oslabení.

Nosnost stěny je nejvíce ovlivněna vodorovnými drážkami. Vhodným opatřením pro zamezení potřeby drážek a výklenků je navržení předstěny, za kterou budou instalace vedeny. Výhodou předstěny je rovněž dobrá přístupnost k instalacím při jejich poruše či rekonstrukci.

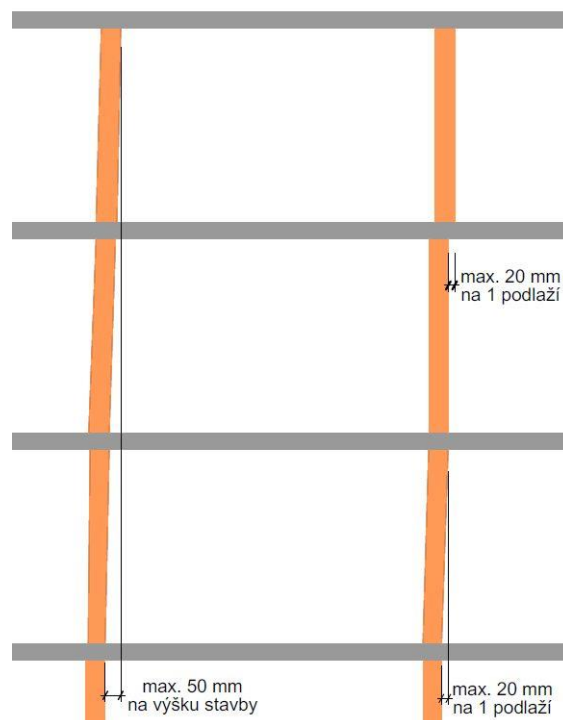
Odchytky, deformace a dilatace

Na styku nosných a nenosných stěn musí být brány v úvahu deformace, dotvarování a smrštění těchto stěn při zatížení. Napojení v rozích a napojení kolmých stěn je tradičně prováděno na vazbu, pokud tomu tak není, musí být použito spojovacích prostředků, které zajistí funkčnost při rozdílném přetvoření. Takovým prostředkem může být spojení ozuby, na kapsu nebo spojovacími pásky. [2]

Křivosti a tolerance v rozměrech zdicích prvků a svislých zděných konstrukcí stanovují normy řady 771-1 až 6 a také ČSN EN 1996-2. Odchylka v tloušťce stěny max. 10 mm. Odchylka odklonu svislé konstrukce od svislice na výšku podlaží ve vodorovném směru je tolerována max. 20 mm, na výšku celé stavby pak max. 50 mm. Rovinnost na 1 metr běžný stěny max. 10 mm, na 10 běžných metrů pak max. 50 mm.

Vodorovné a svislé dilatace zděných konstrukcí jsou navrhovány za účelem eliminace poškození zdiva od účinků stavebně fyzikálních, například tepelných a vlhkostních změn, nebo technických od dotvarování a průhybů, případně od vnitřních napětí po zatížení konstrukce či pokud jsou vedle sebe umístěny objekty s jiným založením. Při umístění dilatační spáry musí být kromě zmíněných účinků brán zřetel na typ a materiál zdiva, geometrii a podepření konstrukce, požární odolnost či zvukovou a tepelnou izolaci.

Dilatační spára musí být provedena po celé tloušťce a výšce konstrukce. Vzdálenost dilatačních spár pro nenosné nevyztužené zděné stěny je udána v tabulce pro odstavec 2.3.4.2. normy ČSN EN 1996-2. Pro obvodové nosné konstrukce nejsou stanoveny normové hodnoty, vyplývají ze zkušenosti. Největší přípustná vzdálenost dilatačních spár pro keramické a vápenopískové prvky bývá uvažována maximálně 40 m při pevnost zdiva P5,10,15,20 a 50 m při pevnosti zdiva P2,1. Pro pórobetonové prvky je uvažováno maximálně 25 m. [2], [20], [32]



Obrázek č. 43: Maximální dovolené odchylky zděných konstrukcí od svislice. [1]

Modulová koordinace

Pojmem modul je označován základní stavební prvek o předem stanovených rozměrech pro koordinaci stavby. Modulová koordinace znamená rozměrové sjednocení. Rozměry ostatních prvků vycházejí z násobků základního prvku. Modulová koordinace napomáhá k logické návaznosti konstrukcí, hospodárnosti a zpřehlednění návrhu stavby. Základní modul M je roven 100 mm, pomocí jeho násobků jsou vytvářeny rozměrové řady, např. 100, 200, 300, 600, 900, 1200, ... mm. Rozměrová řada z odvozeného neboli zvětšeného modulu může být např. 400, 800, 1200, 1600, ... mm. Každý stavební výrobek má svůj unifikovaný modul a rozměrovou řadu. Cílem unifikace je zamezení výroby nepřehledného množství typově stejných prvků o jiných modulech. Unifikace umožňuje průmyslovou výrobu prvků, usnadňuje návrh objektů a zohledňuje ekonomické parametry stavebních výrobků a jejich konkurenci schopnost na trhu.

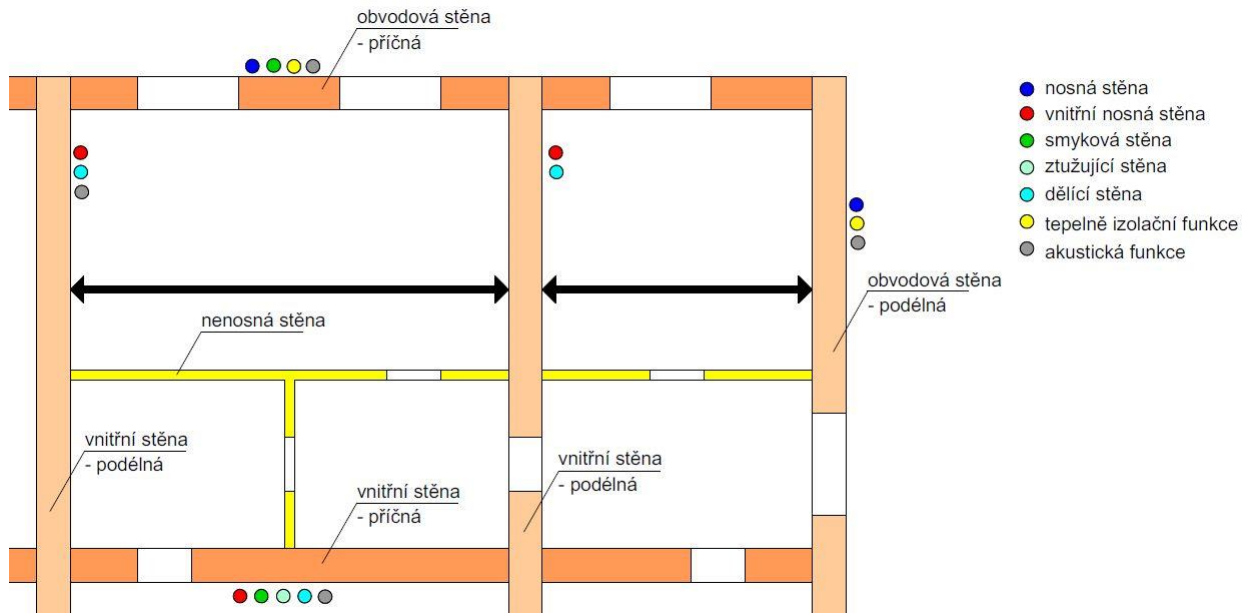
Základním stavebním prvkem, který je rovněž i modulem je například cihla, tvárnice. Využívání modulové koordinace u zděných staveb začalo po sjednocení formátu plně pálené cihly se skladebným rozměrem 300x150x75 mm. Uplatňována byla zejména po zavedení Stavebního řádu stanovujícího rozměrovou řadu 900, 750, 600, 450, 300 a 150 mm pro tloušťku zděných stěn snižující postupně po výšce zděné stavby. Výška konstrukcí pak byla prováděna v násobku 75 mm.

Současné zdicí tvárnice drží modul pro výšku a délku prvku 250 mm. Světlý rozpon a světlou výšku mezi nosnými konstrukcemi je vhodné navrhovat na celou tvárnici á 250 mm, případně na tzv. půlku á 125 mm. Díky návrhu se zohledněním modulu prvků nebude při procesu zdění potřeba prvky řezat. V modulu 250 mm jsou vyráběny i systémové prefamonolitické stropní konstrukce z nosníku a vložek či nadokenní překlady. [20],[32]

Světlá výška obytné místnosti má být rovna 2,6 m podle vyhlášky č. 268/2009, o technických požadavcích na stavby. Pro dodržení této hodnoty je u zděné stavby pro bydlení vhodné navrhnout výšku stěny 2,75 m, což odpovídá 11 řadám zdicích prvků nad sebou a tloušťce podlahy 150 mm.

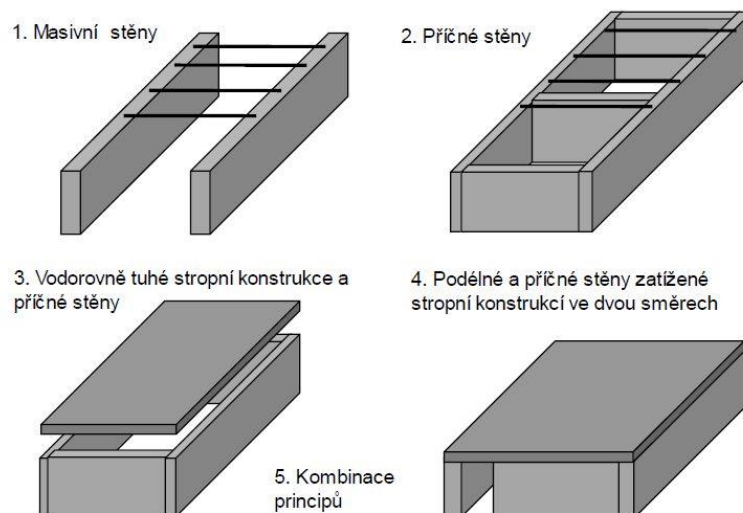
Prostorová tuhost a ztužující věnec

Konstrukční systém zděných staveb je z podstaty těchto staveb stěnový. Podle pnutí stropních konstrukcí na svislé nosné stěny ho dále můžeme dělit na systém podélný, příčný, obousměrný nebo kombinovaný. Dnes je nejvíce využíván kombinovaný systém nosných podélných a příčných stěn s tuhými stropy.



Obrázek č. 44: Druhy stěn v konstrukčním stěnovém systému [1]

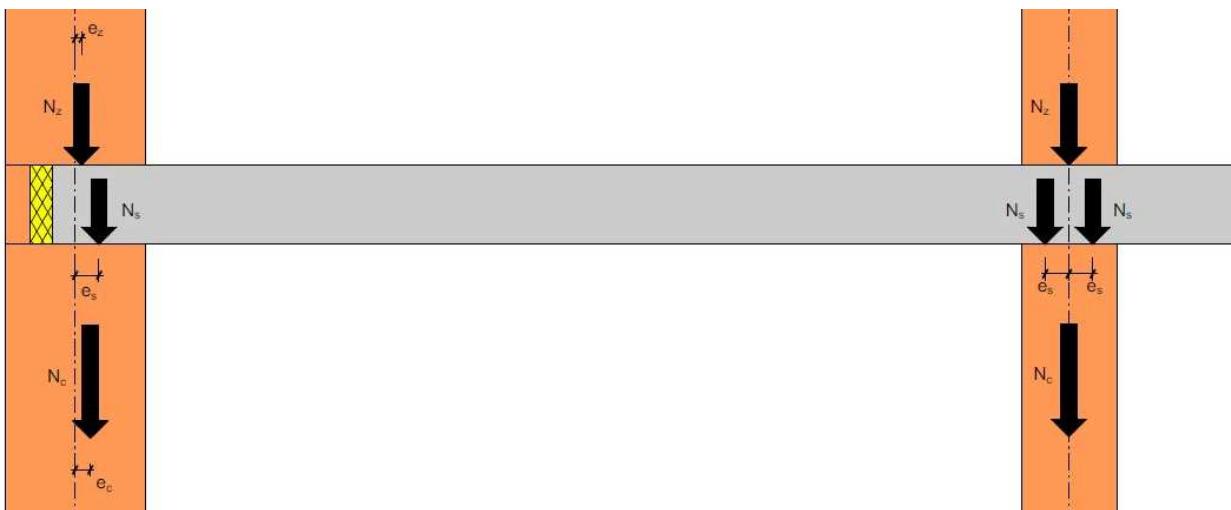
Prostorová tuhost stavby závisí na typu konstrukčního systému, přesněji na počtu a umístění, tuhosti a provedení stěn, a spojení podélných a příčných stěn a stropních konstrukcí. Návrh konstrukčního systému a typu zajištění prostorové tuhosti zděné stavby závisí také na počtu podlaží stavby. Více o prostorové tuhosti viz část 7.1. a 7.2. [4], [20]



Obrázek č. 45: Typy zajištění prostorové tuhosti zděné stavby. [4]

U zděných staveb jsou aplikovány všechny běžné typy stropních konstrukcí. Použití konkrétního typu závisí zejména na druhu objektu a rozpětí stropu. Pro nízkopodlažní objekty do tří podlaží užívané zvláště pro bydlení jsou realizovány systémové prefamonolitické stropy z nosníků a vložek nebo filigránových panelů a skládané stropy z prefabrikovaných železobetonových panelů. U nízkopodlažních staveb s velkými rozpětími a vícepodlažních staveb se čtyřmi až šesti podlažími tvoří stropní konstrukce monolitické desky ze železobetonu, které se vyznačují velkou tuhostí a tvarovou variabilitou. U rekonstrukcí starších zděných objektů se lze setkat s dřevěnými trémovými stropy se záklopem, které byly v minulosti nejběžnější stropní konstrukcí, nebo se zděnými klenbami.

Svislé zděné konstrukce slouží jako podpora pro vodorovné konstrukce, stropy. Stropní konstrukce však zároveň slouží jako opora pro zhlaví stěny, čímž vzniká vzájemné statické propojení těchto konstrukcí pro zajištění tuhosti a odolnosti objektu. Vliv svislých zatížení od stropních konstrukcí závisí na uložení této konstrukce na zděnou konstrukci. Uložení stropní konstrukce je doporučováno rovno $t/2$, kde t je tloušťka zděné konstrukce. Pro tloušťku zděných konstrukcí větší než 350 mm lze délku uložení snížit na $0,45t$. Délka uložení by neměla být menší než 100 mm. Čím kratší uložení stropní konstrukce na zděnou stěnu je, tím větší je excentricita zatěžující síly od stropů. [2], [33]



Obrázek č. 46: Schéma rozložení sil od stropní konstrukce a horní stavby. [1]

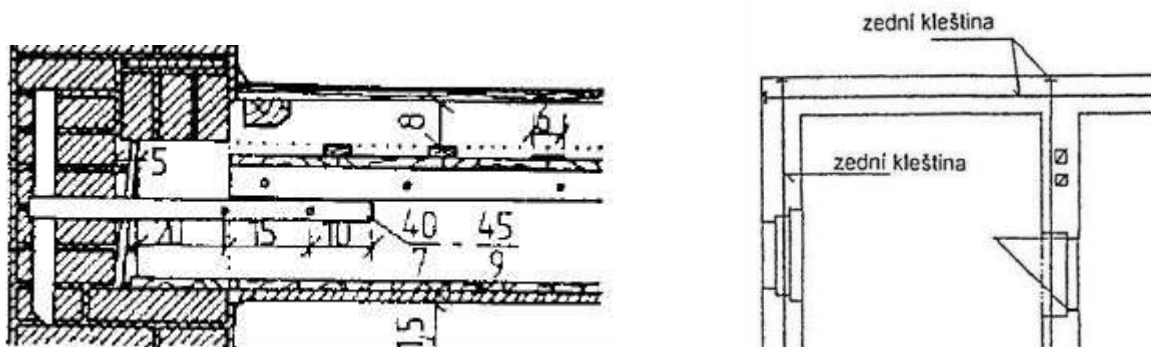
Dalším stavebním prvkem, který ovlivní prostorovou tuhost zděné stavby a výslednou excentricitu na zděnou konstrukci, je ztužující věnec doplňující stropní konstrukci v místech uložení stropní konstrukce na všechny nosné a ztužující stěny. Věnec může být umístěn v rovině stropní konstrukce, eventuálně pod stropní konstrukcí pro uložení na méně pevné prvky nebo prvky s menší objemovou hmotností. Ztužující věnec je také prováděn na zděnou stěnu v místě ukotvení střešní konstrukce na svislé nosné prvky. Úkolem ztužujícího věnce je vytvoření návaznosti zděné konstrukce a stropní konstrukce ve vodorovném směru a přenos vodorovných, tahových napětí, které působí na zděné konstrukce od větru, střešní konstrukce nebo teplotních či objemových změn.

Ze statického pohledu je nejvhodnější provést ztužující věnec na celou tloušťku nosné stěny. Konstrukční a stavebně fyzikální požadavky toto často neumožňují, ztužující věnec je lineárním tepelným mostem. Plocha věnce je tedy zmenšena o pás tepelné izolace 70 – 100 mm, věncové tvárnice 50, 80 nebo 200 mm, případně speciální U tvárnice, čímž je vyřešena změna materiálu po výšce budovy z tepelně technického i prováděcí hlediska (snazší aplikování vrchní krycí vrstvy - omítky). Tento pás je nenosný, v úrovni věnce/stropní konstrukce tak vznikne posun svislé síly od horní stavby mimo těžiště svislé nosné zděné konstrukce. Excentricita svislé síly přenášená tuhou částí vodorovné konstrukce (věncem a uložené části stropní konstrukce) by neměla přesáhnout $t/6$ od těžiště zděné konstrukce pro vyloučení tahových namáhání.

Historicky byly pro zachycení vodorovných sil využívány zední kleště fungující jako stahující táhla zakončená závlačí. V dnešní době jsou ztužující věnce tradičně prováděny ze železobetonu, funkce však zůstává obdobná. Dimenzování věnce a výztuže záleží na typu zděné stavby. Měly by být dodrženy tyto normově stanovené hodnoty pro vyztužení věnce:

- průřezová plocha výztuže min. 150 mm^2
- přenos návrhové síly v hodnotě 50 kN.

To odpovídá dvěma ocelovým profilům $\text{Ø}10 \text{ mm}$. V ČR je zvykem vyztužovat věnec čtyřmi ocelovými pruty. Délka věnce je eliminována maximální návrhovou silou v hodnotě $15 \text{ kN/m}'$. Pro výztuž $\text{Ø}8 - 12 \text{ mm}$ tak dostaneme délku ztužujícího věnce 4,5 - 6,0 m, což odpovídá běžně prováděnému rozponu stropní konstrukce mezi dvěma nosnými zděnými konstrukcemi. [2], [4], [33]



Obrázek č. 47 a 48: Pozední věnec z ocelových táhel – řez + půdorys. [20]



Obrázek č. 49: Současné provádění ztužující železobetonového věnce. [11]

Styk stropní konstrukce doplněné o ztužující věnec s obvodovou nebo vnitřní nosnou zděnou konstrukcí je jedním ze tří nejdůležitějších návazností u zděných staveb. Analýza namáhání, porovnání obvykle realizovaných návazností a doporučení vhodných řešení tohoto styku je rozvedena v praktické části této práce.

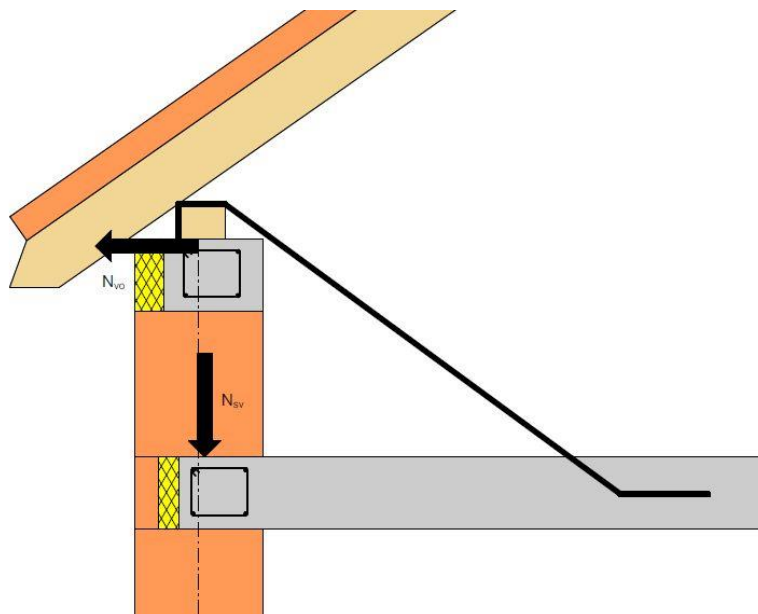
Zbylémi dvěma styky je návaznost svislé zděné konstrukce a základu, a návaznost svislé nosné zděné konstrukce a střešní konstrukce.

Základové konstrukce jsou stejně jako zděné stěny namáhané svislým tlakem od horní stavby, na který musí být vhodně navrženy. Jelikož je konstrukční systém zděných staveb stěnový, základové konstrukce jsou tvořeny základovými pasy, roštem nebo deskou z prostého betonu nebo železobetonu. Uložení zdiva na základ je prováděno pomocí první vyrovnávací vrstvy ze zakládací malty (větší tloušťka spáry, vyšší pevnost malty). Potřeba tepelného odizolování základových konstrukcí vede k vytvoření odskoku první řady zdících prvků nad základu u zděných staveb s obvodovými jednovrstvými stěnami. Řešení odstraní stavebně fyzikální problém (tepelný a vlhkostní most), odskokem však vznikne posun svislé síly působící na základovou konstrukci. Hodnota excentricity nesmí dojít do stavu, kdy by v základové konstrukci svislá síla způsobila tahová namáhání, která by mohla vést k vážným poruchám konstrukce. [20], [33]

Zastřešení nízkopodlažních staveb určených pro bydlení bývá dvojího typu – vaznicový dřevěný krov nebo dřevěné vazníky. U vícepodlažní budov jsou často prováděny ploché střechy s tuhou železobetonovou deskou zajišťující dostatečnou tuhost objektu.

Vliv šikmých střech na svislé stěny spočívá ve sklonu střechy a jejím ukotvení z důvodu zajištění tuhosti ve vodorovném směru, kterou jinak nemají. Dřívější vazby krovů byly prováděny jako samonosné konstrukce (vaznicový krov s vazným vodorovným trámem, hambalkový krov) bez vlivu na zděnou stěnu, dnes jsou k této stěně kotveny. Stěna kromě vodorovných účinků větru musí přenést také účinky od zastřešení. Stěny či nadezdívky jsou doplňovány o ztužující věnec propojený s tuhou stropní konstrukcí, ke kterému je zastřešení přichyceno. Další možností je ukotvení pozednice ocelovými táhly do tuhé stropní konstrukce, které zatížení převezme. Tuto funkci dříve zastával vazný trám.

Zanedbány by neměly být ani možné momentové účinky pro nadezdívky s větší výškou než 4-5 prvků nad sebou. Totéž platí pro účinky způsobené uložení zastřešení na štítovou stěnu, u které je hlavním namáháním zatížení od větru.



Obrázek č. 50: Schéma působící sil od střešní konstrukce na zděnou stěnu [1]

Vazníky jsou vhodnou konstrukcí z hlediska působícího zatížení, protože vyvozují pouze svislou sílu. Problémem je vzájemné propojení jednotlivých vazníků, aby bylo dosaženo potřebné tuhosti ve vodorovném směru. Nutno klást důraz na řádné zavětrování střechy. Pokud je provedeno pouze zastřešení o velkém rozpětí pomocí vazníků s jednoduchým podhledem bez tuhé stropní konstrukce, vazníky mohou mít značný průhyb a zhlaví stěny není možno opřít, což vede k potřebě provádění masivnějších stěn. [4]

Praktická část

5. Technické řešení zděných staveb v Portugalsku na základě studijního pobytu

Tato kapitola diplomové práce je zpracována na základě zahraničního studijního pobytu absolvovaného mezi 09/2023-02/2024 v Lisabonu v Portugalsku. Informace o místních technických řešeních staveb byly získány na přednáškách z předmětu Technologie staveb na Univerzitě Nova de Lisboa a z další níže uvedené literatury. [1]

Portugalsko, přesněji Portugalská republika, je země na západě Evropy ležící na Pyrenejském poloostrově. Země je ze západu obklopena Atlantským oceánem, na východě se nachází jediná společná hranice s jiným státem, a to se Španělskem. Historicky bylo území Portugalska pod nadvládou mnoha národů jako jsou například Keltové, Římané, Vizigóti a Maurové. Po vzniku Portugalského království ve 12. století přichází období námořní kolonizace, v níž Portugalci vynikali a po dlouho dobu spravovali kolonie v Jižní Americe – Brazílie, v Africe – Angola, Mosambik a také v Asii – Východní Timor. V současnosti pod správu Portugalska patří ostrovy Madeira a Azory. Portugalská kultura a architektura je tedy ovlivněna prvky z celého světa. Dalším důležitým vlivem zejména z hlediska výstavby je zemětřesení, jelikož se Portugalsko nachází v seizmicky namáhané oblasti. Zemětřesení s největšími škodami zasáhlo hlavní město Lisabon roku 1755 a má dodnes velký podíl na celkovém vzhledu města. [5], [24]

5.1. Historie stavění v Portugalsku

Hlavními materiály pro zděné stavby byly historicky využívány nejprve kámen (žula, později vápenec) a poté keramická cihla. Najdeme zde běžné architektonické styly známé historicky z celé Evropy.

Z období pravěku se v Portugalsku dochovali pozůstatky megalitických staveb. Z doby před naším letopočtem zde najdeme stavby kultury castro, kterými jsou soubory staveb tvořící kamenná oppida či hradiště. Nové poznatky o stavění vnesli do země Římané, kteří utvářeli především celkový ráz měst s pravidelnou sítí ulic a náměstími a navrhovali nové typy staveb. Jednou z dochovaných římských staveb je chrám v Évoře zděný ze žuly a dozdobený mramorem (hlavice sloupů). [5], [24]

Předrománská architektura je ovlivněna jednak zbytkem křesťanské Evropy, kde byly budovány kamenné hrady, rotundy a kostely a z druhé strany maurským stylem vycházejícím z arabského islámu. Maurský styl využívá dusané hlíny a vepřovic a zavádí zdobení například jinak barevnými pruhy.



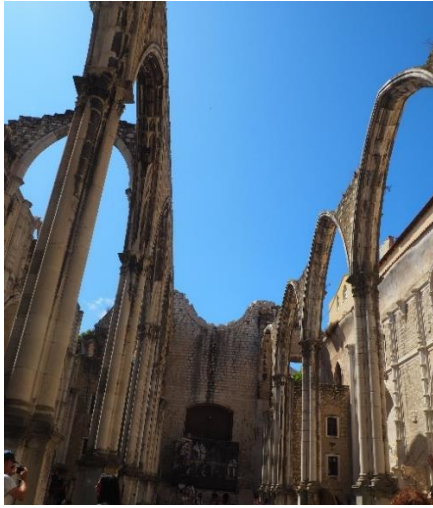
Obrázek č. 51 a 52: Počátky portugalské architektury - Římský chrám v Évoře a hrad Castelo dos Mouros v Sintře zděný ze žuly a gabra. [1]

Symbolem románské architektury jsou v Portugalsku trojlodní katedrály. Zástupce těchto staveb najdeme ve všech velkých městech jako je Lisabon, Porto nebo Braga. Stavby časem prošly úpravami s příchodem dalších stylů. Původní románský styl zachovává katedrála v Coimbre. Románské stavby jsou tradičně vyžděny z uhlíkových hornin jako je vápenec nebo opuka.



Obrázek č. 53 a 54: Románská architektura – Katedrála v Coimbre. [1]

V gotickém slohu je vystavěna například žulová katedrála v Évoře nebo klášter Covento do Carmo v Lisabonu zničený zemětřesením roku 1755. V období pozdní gotiky jsou stavby prováděny v tzv. manuelním stylu, který obsahuje námořní prvky a věci, které byly objeveny při kolonizaci. Příkladem staveb v tomto stylu jsou klášter jeronymitů a Belémská věž v Lisabonu. Obě stavby jsou také provedeny z vápence. [5], [24]



Obrázek č. 55 a 56: Gotický sloh – Convento do Carmo v Lisabonu a katedrála v Évoře. [1]



Obrázek č. 57 a 58: Manueline - Belémská věž a klášter jeronymitů v Lisabonu. [1]

Renesance v Portugalsku nenašla oblibu. Prvkem z období renesance je například vstupní portál na nádvoří univerzity v Coimbre. Zdicím materiálem i v tomto období zůstává oblíbený vápenec. [5], [24]



Obrázek č. 59: Renesance – portál Univerzita v Coimbre. [1]

Jednoduchý až strohý styl místo renesance zastoupily manýristické stavby. Zástupcem je komplex kláštera svatého Vincenta v Lisabonu.

Barokní styl se v Portugalsku objevuje až v 18. století, v nejbohatším období v historii země. Roku 1755 postihlo zemi zmíněné zemětřesení a nespočet významných staveb bylo zničeno.

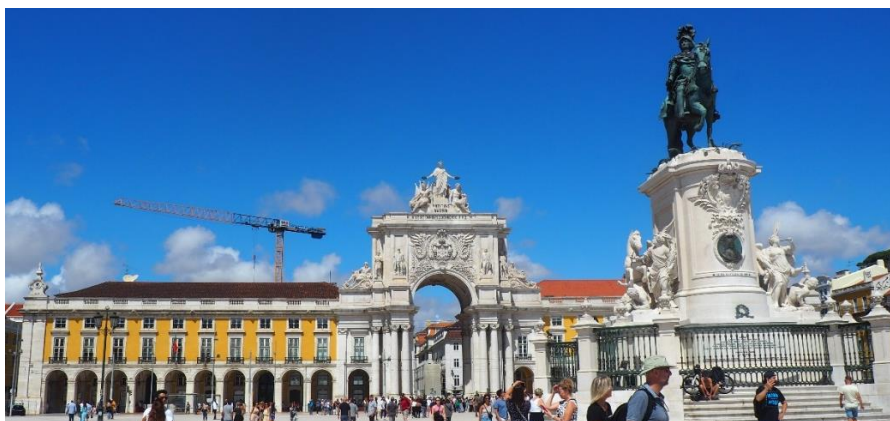


Obrázek č. 60: Manýrismus – klášter São Vicente de Fora. [1]



Obrázek č. 61 a 62: Zástupci barokní architektury – kostel svaté Engrácie a palác v Mafře. [1]

Pombalinský styl označuje období po zemětřesení, který obnovuje a nově dotváří poškozené části města Lisabonu. Vyznačuje se racionalitou a pragmatismem s prvky rokoka a především neoklasicismu. Styl nese jméno po markýzi z Pombalu, který vedl opravy města v postu královského ministra. Ve stylu je postavena celá čtvrť s názvem Baixa. Materiálem pro stavbu již není pouze žuly a vápenec, ale je také započata výroba pálených cihel. Stavby začínají být ve velké míře omítány. [5], [24]



Obrázek č. 63: Náměstí Praça do Comércio ve čtvrti Baixa. [1]

V počátcích 19. století se zde objevují styly s přívlastkem neo, které vzdávají poctu starým stylům. Některými z těchto stylů jsou například neomanuelský či neomaurský styl. Konec 19. století je v Portugalsku ve znamení tzv. železné architektury, kdy jsou budovány inženýrské konstrukce z litiny. [5], [24]



Obrázek č. 64 a 65: Neomanuelský styl – palác Quinta da Regaleira v Sintře a nádraží Rossio, Lisabonu. [1]



Obrázek č. 66 a 67: Neomaurský sloh - Býčí aréna na Campo Pequeno v Lisabonu a palác Pena v Sintře. [1]



Obrázek č. 68 a 69: Železná architektura – Ponte de Luís I. v Portu a výtah Santa Justa v Lisabonu. [1]

Současná architektura dává přednost stavbám z betonu.



Obrázek č. 70: Současnost – Casa da Música v Portu. [1]

Typickým prvkem portugalské architektury jsou azulejos, keramické glazované kachličky. Jejich používání přišlo s arabskými osadníky a zaujímají své místo nejen na exteriéru církevních nebo královských staveb, ale i na stavbách veřejných, občanských a bytových. Zajímavé je také využití tepelné izolace z korku. Tento přírodní materiál pochází ze stromu, jímž je korkový dub. Součinitel tepelné vodivosti korkových desek se pohybuje je 0,04 W/mK. [5], [24]

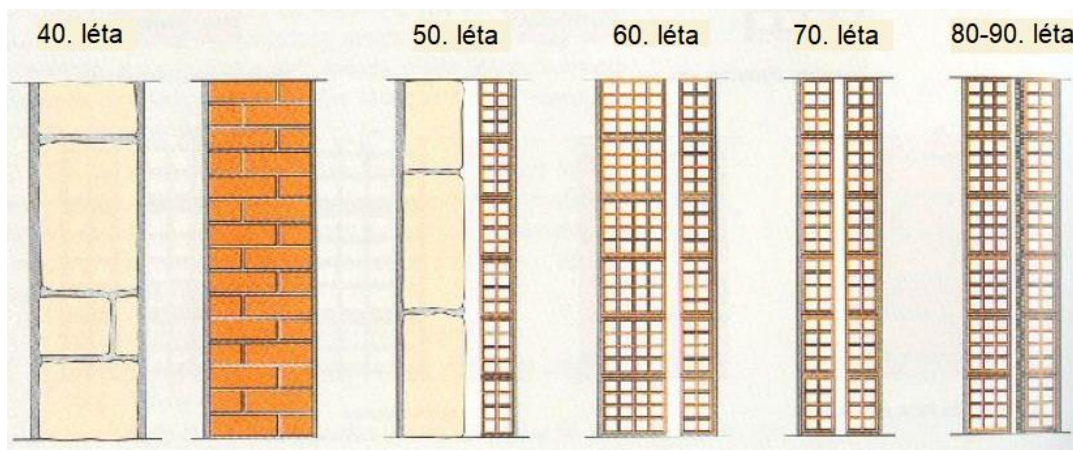


Obrázek č. 71 a 72: Azulejos na kapli svaté Kateřiny v Portu a korková izolace. [1],[21]

5.2. Technická řešení staveb v Portugalsku

Před objevením železobetonu, tedy do 1. poloviny 20. století, bylo pro obytné zděné stavby využíváno obdobných řešení jako v České republice. Hlavní nosná konstrukce byla tvořena stěnovým systémem vyzděným z cihel či kamene překlenutým stropními konstrukcemi tvořenými dřevěnými trámy či kamennými nebo cihelnými klenbami. Střešní konstrukce byly tvořeny především dřevěnými vaznicovými krovky. [32]

V dnešní době má zdivo pouze výplňovou funkci, svislé nosné konstrukce jsou prováděny primárně ze železobetonu, a to i u nízkopodlažních staveb (rodinných domů). Jedná se o sloupové systémy s průvlaky. Zdicím materiálem může být keramika, pórobeton nebo lehčený beton, spojovacím materiál je malta v ložné spáře. Keramické tvárnice odpovídají skupině zdicích prvků 4, které se v České republice nevyužívají a nemají zavedený výpočet v EC6. Ze stavebně-fyzikálních důvodů je používáno dvojité stěny se vzduchovou mezerou a tepelnou izolací uvnitř konstrukce. Stěny musí být provázány ocelovými sponami. U stropních konstrukcí je využíváno železobetonových monolitických desek obousměrných nebo vylehčených nebo prefabrikovaných panelů. Pro nízkopodlažní objekty jsou navrhovány také prefamonolitické stropy z předpjatých nosníků a keramických nebo betonových lehčených vložek či filigránových panelů. Každé 2 m stropní konstrukce je umístěn ztužující prvek z důvodu lepšího přenosu zatížení při zemětřesení. Detail návaznosti viz Příloha 1. Střešní konstrukce jsou preferovány s menším sklonem ze železobetonových desek nebo dřevěných vazníků. [1], [5]



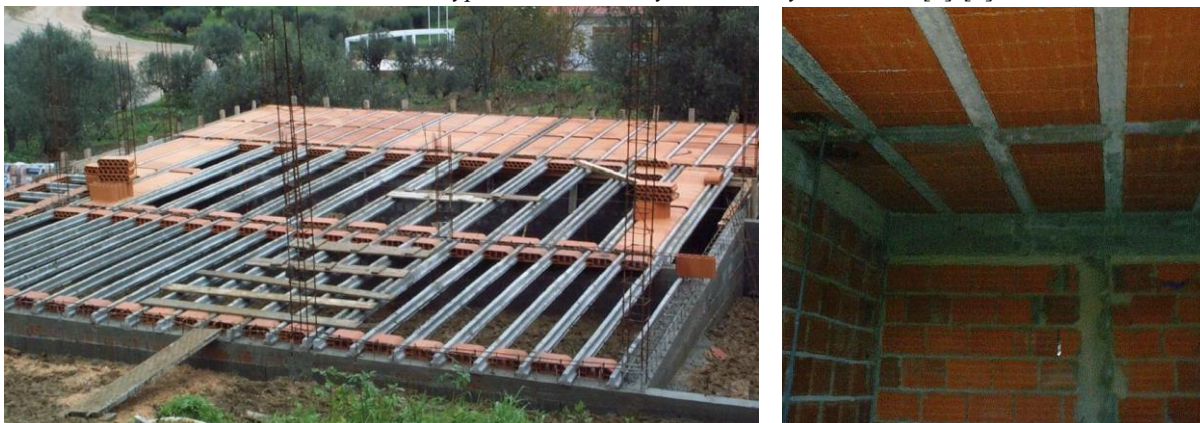
Obrázek č. 73: Vývoj zděných stěn v Portugalsku. [5]

Portugalsko se vyznačuje příznivým teplotním podnebím, nejnižší teploty nikdy neklesají pod 0 °C, nejvyšší překonávají 30 °C, průměrná teplota v zimě se však pohybuje okolo 10-15 °C, v létě pak kolem 25-28 °C. Vlhkost vzduchu dosahuje průměrně 78-80 %. Tloušťka tepelné izolace pro zateplování všech obvodových konstrukcí zde činí 20-40 mm. [5]

Provádění dvojitých stěn nemůže být doporučeno jako vhodné řešení pro zděné stavby, jelikož jsou stavby postihnuty vlhkostí uvnitř konstrukce. Důkazem je viditelnost struktury zdiva z exteriéru a srážející se vlhkosti na oknech. [1]



Obrázek č. 74 a 75: Výplňová zděná stěny z keramických tvárnic. [5],[1]



Obrázek č. 76 a 77: Prefamonolitická stropní konstrukce z předpjatých nosníků a vložek se ztužujícím prvkem.[5]



Obrázek č. 78 a 79: Železobetonový vylehčený strop. [5]

6. Výhody, nevýhody a problémy, se kterými je možné se setkat u zděných staveb

Zdivo je materiál vyrobený z dobře dostupných přírodních materiálů, není zdraví nebezpečný pro osoby a živočichy a nehrozí znečištění životního prostředí. Materiál lze recyklovat a dále ho využít například po očištění celé tvárnice nebo jako násyp nebo kamenivo do betonů. Dále se zdivo vyznačuje dobrou odolností, pevností a trvanlivostí bez nutnosti údržby. Výhodou je rovněž je absorpce tepla a nehořlavost. Pozitivní je také cena zdicích materiálů, která se kladně projeví na ceně celé stavby, především u rodinných domů. Výhodou současných zdicích bloků dostupných na trhu je jejich sjednocení do rozměrových řad a nabídka dalších prvků, díky kterým je možné postavit téměř celou stavbu z jednoho materiálu o stejných vlastnostech. Celkové sjednocení rozměrů i mezi různými výrobci umožňuje kombinování více materiálů v jedné stavbě, pokud je to výhodné z hlediska zajištění základních požadavků na stavby, například obvodové stěny mohou být provedeny z pórobetonových bloků a vnitřní akustické stěny mohou být provedeny z keramických tvárnic.

Dispozice zděné stavby je neomezená. Technologie provádění zděných staveb je takzvaně suchá, umožňuje tedy plynule pokračovat ve výstavbě bez technologické pauzy. Zdicí materiál je možné bez komplikací dopravit na stavební pozemek, nevýhodou však může být pomalý proces ručního zdění. U zdicích bloků na tenkovrstvou maltu musí být kladen důraz na přesnost zdění. Výhodou i nevýhodou může být menší objemová hmotnost materiálu. Zděné stěny je potřeba chránit proti vlhkosti, u podzemních stěn je nutná aplikace hydroizolace u nadzemních podlaží je vhodné použít krycí vrstvu, omítku. Po nasáknutí vodou se na stěnách mohou tvořit plísně a houby. Podle druhu zdicího materiálu mohou být dalšími nevýhodami řezání tvárnic a vysekávání drážek pro zdravotníku či elektriku, které mohou významně snížit únosnost stěn. Hlavním znakem zděných prvků je dobrá únosnost v tlaku. U jiných typů namáhání, zejména v tahu, nelze zdivo dobře využít, to sebou přináší konstrukční omezení. Zdivo také není vhodným materiálem do oblastí s vysoce zatížením seismicitou.

Problémy zděných staveb jsou důsledkem špatně provedeného návrhu zděných konstrukcí nebo jejich realizace. Značným problémem je již zmíněná vlhkost. Kromě tvorby plísní a hub, může vést ke zhoršení mechanických a tepelně-technických vlastností. Původem vzniku problémů mohou být nedostatečně tuhé základové, vodorovné nebo střešní konstrukce, nadměrným zatížením, chybně zvoleným materiálem nebo kvalitou tohoto materiálu. Tyto vady se obvykle projevují prasklinami a trhlinami ve zdivu. Poruchy je ve většině případů možno technicky vyřešit odborníkem. [28], [30], [32]

7. Konstrukční řešení, detaily a výpočty

7.1. Modelování zděných staveb

Základní ověření návrhu zděné konstrukce

Při návrhu zděné stavby je nutné z důvodu bezpečnosti ověřit správnost navržených konstrukcí statickým výpočtem dle platných norem a předpisů. U zděných konstrukčních prvků, kterými jsou stěny, pilíře nebo sloupy, je prováděno ověření únosnosti těchto prvků v závislosti na působícím zatížení a zvoleném konstrukčním systému stavby. Toto ověření se vykonává minimálně ve třech průřezech konstrukce po výšce stavby a to:

- a) v hlavě zdiva, kde působí nejvyšší účinek tlakové síly s výstředností v závislosti na uložení a rozpětí stropní konstrukce na zděný prvek
- b) v polovině výšky zdiva pro ověření zděného prvku na vzpěr
- c) v patě zdiva, kde působí největší účinek tlakové síly s připočtením vlastní tíhy posuzovaného zděného prvku,

přičemž o tom, zda je zděný prvek dostatečně únosný rozhoduje nejmenší hodnota vypočtená z těchto tří hodnot. Postup výpočtu podle platných norem a předpisů (primárně EC6) se odvíjí od modelu konstrukce. [2], [33]

Statické určení styků konstrukcí zděné stavby podle konstrukčního řešení

Statický, výpočetní nebo také náhradní model zděné stavby je vytvářen na základě konstrukčního řešení stavby. Jiný model bude aplikován pro jednopodlažní stavby, jiný pro nízkopodlažní stavby a jiný pro vícepodlažní stavby. [3]



Obrázek č. 80, 81 a 82: Schéma jednopodlažní stavby, nízkopodlažní stavby a vícepodlažní stavby. [1]

Jednopodlažní stavby lze charakterizovat jako zděné stavby s dlouhými stěnami zatíženými větrem a přímo zakrytými střešními konstrukcemi s poměrně malou zatěžující silou. Staticky se u stěny jedná o zdola vetknutou konzolu. Potřeba masivních zděných stěn je odvislá od použití vnitřních nosných stěn či nikoliv. Vnitřní nosné stěny mají ztužující funkci a pomáhají s přenosem zatížení od střešní konstrukce. Pro ztužení je možné využít vodorovných průvlaků.

Za nízkopodlažní stavby jsou označovány zděné stavby do tří podlaží včetně. Jedná se o stěnové systémy s podélnými a příčnými nosnými stěnami tvořící dva až tři trakty zakryté stropními konstrukcemi. Běžné stropní konstrukce nízkopodlažních staveb jsou v současné době prováděny prefamonolitické nebo montované.

Vícepodlažní stavby lze specifikovat jako zděné stavby se čtyřmi a více podlažími. Konstrukční systém je obdobného charakteru jako u nízkopodlažních staveb. Jedná se o soustavu svislých stěn ve dvou na sebe kolmých směrech spojených stropní konstrukcemi, dnes nejčastěji železobetonových. [20]

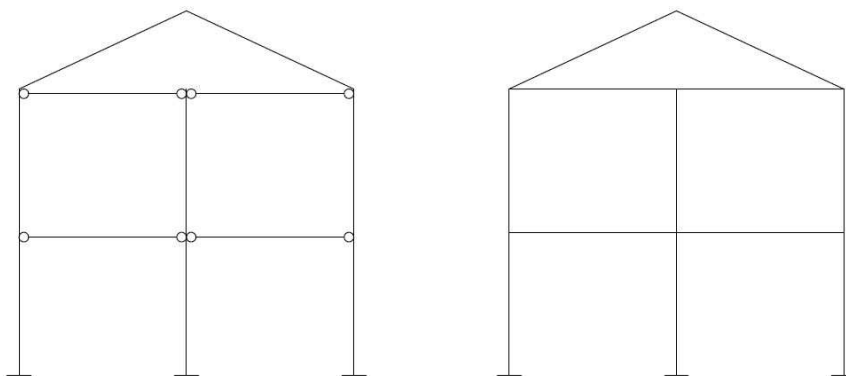
Zděné stavby o několika podlažích je možné staticky zařadit do dvou typů:

a) pružná soustava

U dřívějších stávajících staveb s dřevěnými trámovými stropy a masivními stěnami. Nosné prvky stropu, trámy, jsou pouze položeny na stěnu. Styk zděné stěny se stropem je tedy uvažován jako kloub nebo posuvný kloub.

b) tuhá soustava

Stropní konstrukce jsou v tomto případě tvořeny prefamonolitickými deskami z nosníků a vložek nebo z filigránových panelů s přebetónávkou, montovanými panely nebo železobetonovými deskami. Stropní konstrukce zajišťují rozepření nosných stěn a přenos vodorovných zatížení na ztužující stěny. Zhlaví stěn je pevně opřeno o stropní konstrukci doplněnou o ztužující věnec. Styk zděné stěny se železobetonovým stropem však nelze považovat za dokonalé vetknutí jako u plně železobetonových systémů. Důvodem je odlišnost ve fyzikálních vlastnostech materiálů (modul pružnosti E), v technologii provádění a v možnosti vzájemného provázání konstrukcí. Ze zděné části systému je vyloučeno namáhání tahem, které zdivo není schopno efektivně přenést. [4]



Obrázek č. 84 a 85: Schéma pružné soustavy a tuhé soustavy. [1]

Tuhost ve stlačení ve zjednodušené podobě popisujeme jako součin modulu materiálu E a plochy A . Jen moduly pružnosti pro beton se pohybují od 25 000 MPa výše, ale moduly pro zdivo jsou na úrovni o řád nižší. Uvažujeme-li beton C20/25 podle dnes platné normy EC 2, jeho tabulková hodnota pro modul pružnosti E činí 29 000 MPa. Pálené zdivo má charakteristickou pevnost 2,0 MPa pro cihly P15 a cementovou maltu a modul pružnosti 2 000 MPa. A to některé věncovky mají hodnoty nižší. Vynásobíme-li plochu betonu v místě uložení stropu a porovnáme s plochou a modulem zděné věncovky, vychází výrazně a jednoznačně vysoká tuhost pouze u betonové části průřezu. Modul pružnosti pálené věncovky odpovídá 1000násobku charakteristické pevnosti zdiva, u pórobetonu je uvažována pouze jako 700násobek. [4]

Postupy získání výslednice a její výstřednosti z náhradního modulu

- stanovení podmínek pro rovnováhu svislých sil podle klasických postupů stavební mechaniky v minimálně třech průřezech po výšce stěny; výstřednost vyplývá z typu uložení stropní konstrukce na zdivo
- stanovení vnitřních sil pro rámové výseky v místě styku stropní konstrukce a zdiva na základě ohybových momentů ve zděné konstrukce vyvolané tíhou stropní konstrukce a zatížením od větru, a svislé zatěžující síly od horní stavby; redukce zatěžujících účinků dle přílohy G v ČSN EN 1996-1-1
- využití zjednodušené metody pro výpočet excentricity působících sil dle přílohy C v ČSN EN 1996-1-1
- modelování zděné stavby jako 3D celku či 2D průřezu po výšce stavby s šířkou pro třetí dimenzi 1 m běžný, které umožňuje zadání veškerých prvků stavby; volba návaznosti ve styku stropní konstrukce a zdiva dle typu a uložení stropní konstrukce [4]

7.2. Analýza různých technických řešení zděných staveb

Analýza se týká uložení stropní konstrukce se zahrnutím ztužujícího věnce na nosné zděné prvky s poukázáním na výhody a nevýhody běžně prováděných variant.

Druhy uložení stropních konstrukcí, výhody a nevýhody ze statické stránky

Vliv zatěžujících účinků je odlišný pro styk stropní konstrukce s obvodovým zděným prvkem a pro styk s vnitřním nosným zděným prvkem. Obvodový zděný prvek je v místě stropu namáhán 3 silami – svislou silou, vodorovnou silou příčnou a podélnou, ze kterých vzniká výslednice zatížení. Tyto složky sil jsou způsobeny jednostranným uložením stropní konstrukce na zdivo, a také potřebou tepelného odizolování do tohoto místa. Vnitřní nosný zděný prvek může být namáhán jednostranně či oboustranně v závislosti na směru uložení stropních konstrukcí v objektu. Vodorovná nosná konstrukce je provedena na tloušťku zdiva. U oboustranného uložení stropu je výhodou symetrie namáhání svislé konstrukce. Při jednostranném uložení část zatížení přebírá ztužující věnec.

Typ uložení stropní konstrukce na zděné prvky je velmi důležitý při určování zatěžovacích účinků na tyto prvky. Existují 3 základní typy uložení stropní konstrukce na zdivo:

1. uložení stropní konstrukce na tloušťku zdiva

Nejvýhodnější řešení z pohledu prostorové tuhosti objektu. Tlakové zatěžovací účinky od horní stavby i od stropní konstrukce působí na střed průřezu zdiva. Dále zde vzniká záporný moment na zhlaví zdiva od vetknutí stropní konstrukce. Vetknutí lze uvažovat v takovém případě, kdy svislá síla od tíhy zdiva je větší než síla od stropní konstrukce. Horní výztuž stropní konstrukce musí být navržena tak, aby byla schopná tento moment přenést. Při uložení na tloušťku stěny vzniká možnost využití menší tloušťky zdiva pro zvětšení užité plochy objektu. Jedná se o zdivo s větší pevností s označením P15 a P20. U obvodových konstrukcí je nutné provést celkové vnější zateplení objektu. Toto řešení s vnějším zateplením tvoří celkovou tepelně-izolační obálku objektu, ale je technologicky pracnější, může být i dražší (záleží na konkrétních materiálech). Řešení je nejvíce praktikováno u vícepodlažních staveb s potřebou dobré prostorové tuhosti objektu. [33]

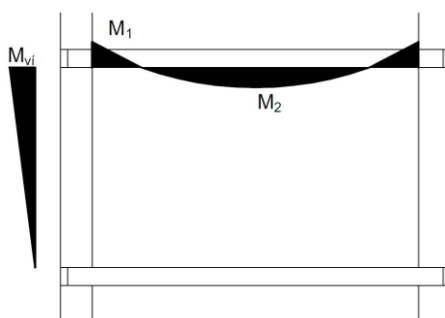
2. uložení stropní konstrukce na část tloušťky zdiva (liniové uložení)

Částečné uložení stropní konstrukce na zdivo má více variant provádění:

- zateplení stropní konstrukce vnější izolací (odskok v místě stropní konstrukce vložení tepelné izolace na vnějším líci)

Tloušťka izolace pro vyrušení tepelného mostu se pohybuje kolem 70-100 mm a obvykle je prováděna z expandovaného polystyrenu. Šířka uložení stropní konstrukce je zmenšena a odpovídá $2/3t$ až t stěny. Zmenšení úložní plochy stropní konstrukce posouvá těžiště svislé síly mimo střední osu stěny. Velikost výstřednosti a jejího vlivu pak závisí na tloušťce stěny. Ani u masivních stěn, kde styk může být uvažován jako vetknutí, by ani malá výstřednost neměla být zanedbána.

Ve zhlaví zdiva vzniká záporný moment od vetknutí železobetonové desky monolitické či prefamonolitické z filigránů. Je potřeba navrhnout dostatečné horní vyztužení stropní desky nad svislou podporou, kterou je zde zděná stěna. V případě, kdy jsou pro stropní konstrukci použity prefabrikované panely nebo je užito prefamonolitické konstrukce z nosníků a vložek, může a nemusí být při dokončení provedeno přebetnování přibližně 50 mm betonu s výztužnou kárití, které neumožňuje dokonalé vyztužení pro zachycení působícího momentu, vzniká pouze nedokonalé, částečné vetknutí. Značné problémy související s velikostí momentů a průhybem stropní konstrukce se objevují u stropních konstrukcí s rozponem nad 5(6) m. Při běžných rozponech od 3 do 5 m jsou konstrukce schopny namáhání přenést.



Obrázek č. 86: Působení momentů ve vetknutí stropní konstrukce na zdivo. [1]

- odskok v místě stropní konstrukce vložení věncové tvárnice

Tentýž případ jako při zateplení stropní konstrukce vnější izolací. Věncová tvárnice je ze stejného materiálu jako nosné zdivo, ale jeho funkce je pouze výplňová, nepřenáší zatížení, jelikož nemá stejnou pevnost jako nosné zdivo. Uplatnění věncové tvárnice sjednocuje vnější líc zdiva po výšce stavby. To je výhodné pro provádění dalších krycích vrstev stěn. [33]

Při tomto řešení jsou obvykle navrženy štíhlé nosné stěny a celoplošné vnější zateplení objektu. Věncová tvárnice zároveň tvoří bednění při vylití ztužujících věnců betonem. Nevýhodou je zmenšení nosné železobetonové plochy pro přenos od zatížení shora.

- odskok v místě stropní konstrukce vložím věncové tvárnice a tepelné izolace

Řešení, které sjednocuje povrch zděné konstrukce využitím věncové tvárnice a současně odstraňuje tepelný most v místě změny konstrukčního materiálu využitím tepelné izolace. Tloušťka věncové tvárnice závisí na zdicím materiálu – pro pórobeton činí 50 mm, pro keramické či betonové zdivo pak 70-80 mm, nově 200 mm. Tloušťka tepelné izolace pohybující se v rozmezí 20, 70-150 mm také záleží na použitém tepelně-izolačním materiálu, a bývá odvislá od stavebně-fyzikálních potřeb pro konkrétní celkovou tloušťku zdiva. Sílu tepelné izolace lze snížit využitím materiálu s lepším součinitelem tepelné vodivosti λ [W/mK]. Takovým materiálem jsou například desky z šedého expandovaného polystyrenu s příměsí grafitu s $\lambda=0,031$ W/mK nebo lepší.

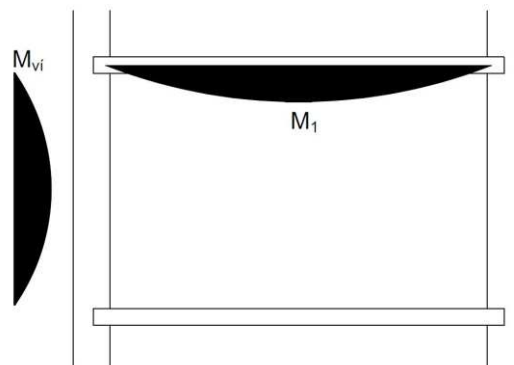
Kombinovaným provedením věncové tvárnice se zateplením vzniká v tloušťce nosného průřezu nenosná oslabující část s tloušťkou až 220 mm, kdy nosný průřez (uložení stropní konstrukce zahrnující ztužující věnec) dosahuje mezního limitu $1/2t$ zdiva. Pro tloušťku stěny 365 mm a více pak limit činí $0,45t$, absolutní minimum pro štíhlé stěny činí 100 mm. Jestliže je dosaženo mezního limitu pro účinnou plochu uložení stropní konstrukce, musí být při výpočtu brán zřetel na značnou výstřednost síly od stropní konstrukce, která je tímto vyvolána. Staticky je na stropní konstrukci v tomto řešení pohlíženo jako na prostě uložený nosník způsobující svislou sílu mimo střední rovinu/osu průřezu zděné konstrukce. Svislá síla působí přibližně v $1/2$ až $1/3$ z celkové délky uložení stropu na zděnou konstrukci, čímž dochází ke koncentraci napětí na vnitřním líci a horním rohu zdiva. Velká koncentrace tlakového napětí může vést k porušení vnitřního líce zdiva pod stropem a vzniku tahového namáhání na vnějším líci. Značné tlakové napětí vzniká například ve spodních patrech vícepodlažních objektů, ale i od tíhy střešní konstrukce.

Velikost síly působící od jednostranného uložení stropní konstrukce je ovlivněna rozpětím nosných stěn. U stropních konstrukcí s rozpětím nad 5 m může být vyšší průhyb této konstrukce. [20], [33]

Poněvadž zatížení shora nad stropní konstrukcí působí na ose průřezu, a plocha stropní konstrukce se zahrnutím ztužujícího věnce je omezená, působící zatížení se může částečně rozdělit a zatížit věncovou tvárnici, která je primárně nenosná. Řešením by mohlo být užití nosné věncové tvárnice s větší pevností odpovídající značení P15, P20 nebo věncové tvárnice z betonu s modulem pružnosti odpovídajícímu železobetonu stropní konstrukce.

3. uložení stropní konstrukce lokálně pomocí nosníků

Uložením nosníků na zdivo vzniká soustředné zatížení. Působení zatížení a vznik výstřednosti velmi ovlivní účinná plocha uložení nosníku a podkladní materiál pod nosníkem. U tradičního trámového dřevěného stropu je osové rozpětí mezi nosíky uloženými do kapes zdiva většinou 0,8-1,0 m. Dalším případem může být využití ocelového nosníku jako skrytého průvlaku. V obou situacích se jedná o prostě uložené nosíky vyvolávající svislou sílu na zdivo. Nevýhodou je malá prostorová tuhost stropní konstrukce. [33]

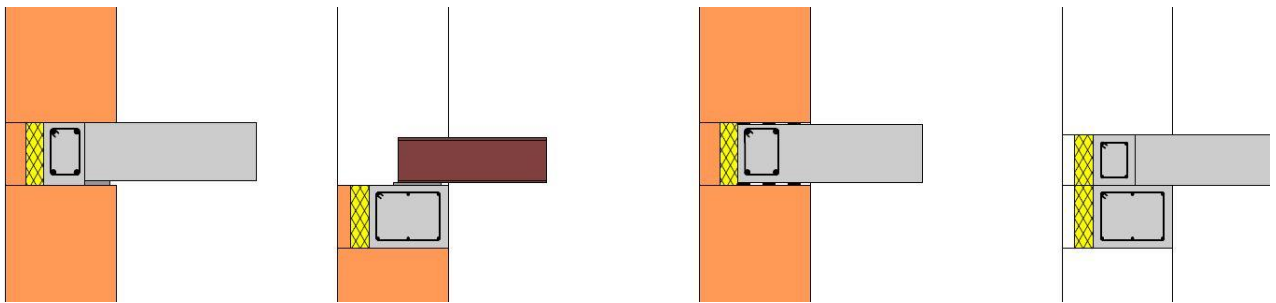


Obrázek č. 87: Stropní konstrukce působící jako prostý nosník – tvar momentů. [1]

Vliv podkladního materiálu pod stropní konstrukcí nebo nosníkem

Účinky od zatížení může také ovlivnit podkladní materiál pod stropní konstrukcí. Jedná se například o roznášecí cementovou maltu pod prefabrikované panely ze železobetonu. Roznášecí malta není nanесena až k líci zdiva, ale je ukončena přibližně 20 mm před lícem. Tím je zajištěno odlehčení okraje zdiva, kde je obvykle koncentrováno napětí od zatížení a může v tomto místě dojít k poruchám. Druhým příkladem je využití podkladního plechu pod stropní ocelový nosník. Roznášecí plocha ocelového plechu vymezuje oblast zatěžujícího účinku od nosníku. Dalším příkladem je ukládání prefabrikovaných panelů či nosníků na asfaltové pásy, které akusticky předělují konstrukce (zamezují přenosu kročejového hluku). Umístění pásek do tohoto spoje však vede ke zmenšení prostorové tuhosti styku. [2], [4]

U zdiva s nižší pevností při částečném uložení stropní konstrukce na zdivo, zejména při použití prefabrikovaných panelů, nebo při soustředném zatížení, je doporučeno provést roznášecí věnec ze železobetonu pod stropní konstrukcí. Roznášecí věnec ze železobetonu na tloušťku zdiva díky vysokému modulu pružnosti v tlaku přenese excentrické zatížení od stropní konstrukce bez významného porušení v líci průřezu, které by nastalo u zdiva, a zlepší celkovou prostorovou tuhost objektu. [2], [4]



Obrázek č. 88, 89, 90 a 91: Podkladní materiál pod strop či nosník – malta, plech, asfaltový pás a věnec. [1]

7.3. Softwarový výpočet

Následující statický výpočet a rozbor jednotlivých variant technického řešení zděných staveb je proveden pro jednotlivé typy uložení stropní konstrukce popsané v části 7.2. Únosnost konstrukce je hodnocena ve zhlaví zdiva, jakožto místa, které je zatíženo největším namáháním. U konstrukčních řešení obsahujících uložení tepelné izolace nebo věncové tvárnice, případně obou stavebních prvků, je zhodnocena únosnost v místě tohoto nosného průřezu z důvodu změny materiálu o výrazně odlišné pevnosti po tlačené ploše.

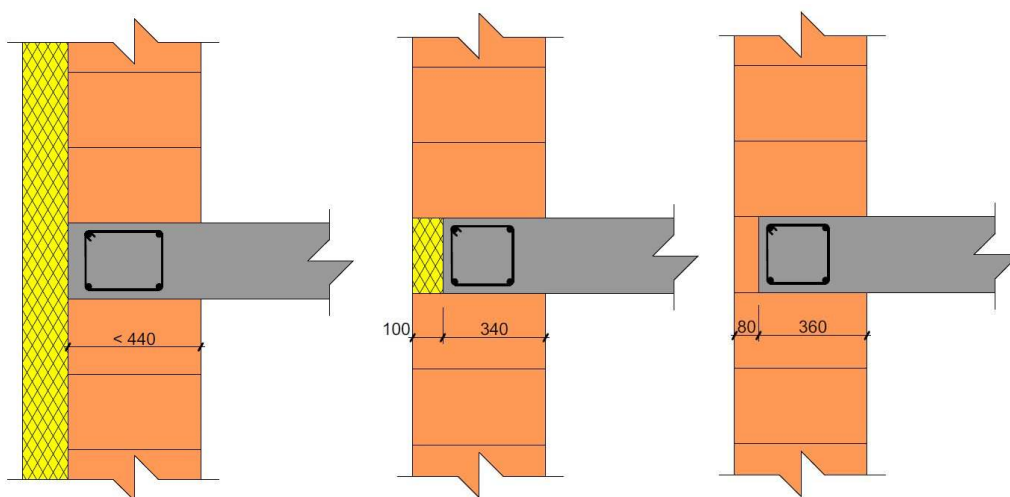
Výpočet byl proveden v softwaru SCIA Engineer 22.1 CZ. Model konstrukce, zatížení a výsledné hodnoty jsou stanoveny na 1 m běžný zděné stěny.

Působení svislé tlakové síly bylo posouzeno pro celkem 10 vybraných variant uložení stropní konstrukce na zděné stěny pro vícepodlažní objekt. Stropní konstrukce je monolitická ze železobetonu s třídou betonu C25/30 a rozponem 5 m. Stěny jsou z keramických zdicích bloků pro obvodové stěny o rozměrech 440x250x250 mm a pro vnitřní nosnou stěnu 300x250x250 mm. Světlá výška místností v objektu byla stanovena na 2,6 m. Ostatní stálá zatížení byla stanovena na základě odhadu dle běžně prováděných materiálových skladeb pro stropy na 1,5 kN/m² a střechu na 2,0 kN/m², proměnná zatížení byla zvolena pro zatížení kategorie A – obytné budovy na 1,5 kN/m² a zatížení sněhem pro oblast I. po přepočtu na sklon střechy rovno 0,56 kN/m². Zatížení větrem nebylo do výpočtu zahrnuto, bylo by dalším krokem pro zajištění modelu objektu podle skutečnosti. [1]

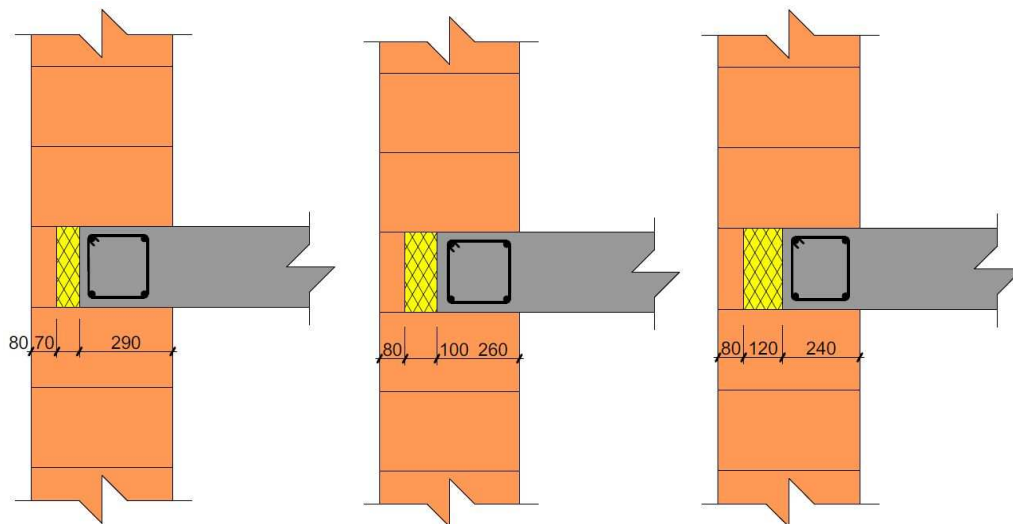
Kombinace pro zatížení byla stanovena na základě platné normy ČSN EN 1990 (rovnice 6.10.). Výsledkem je vnitřní napětí se softwarovým označením σ_y [kPa].

Schéma 10 vybraných variant návaznosti stropní konstrukce a zděné stěny

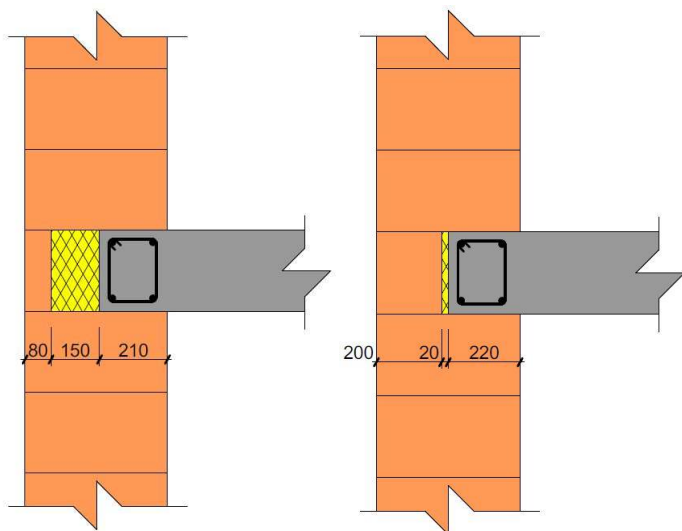
- Varianta 1 – uložení stropní konstrukce na tloušťku stěny
- Varianta 2 – uložení stropní konstrukce na většinu tloušťky stěny 340 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny se zateplením 100 mm
- Varianta 3 – uložení stropní konstrukce na většinu tloušťky stěny 360 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm
- Varianta 4 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 290 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm a tepelnou izolací 70 mm
- Varianta 5 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 260 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm a tepelnou izolací 100 mm
- Varianta 6 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 240 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm a tepelnou izolací 120 mm
- Varianta 7 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 210 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm a tepelnou izolací 150 mm
- Varianta 8 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 220 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 200 mm a tepelnou izolací 20 mm
- Varianta 9 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 300 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici z betonu 70 mm a tepelnou izolací 70 mm
- Varianta 10 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 220 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici z betonu 70 mm a tepelnou izolací 150 mm



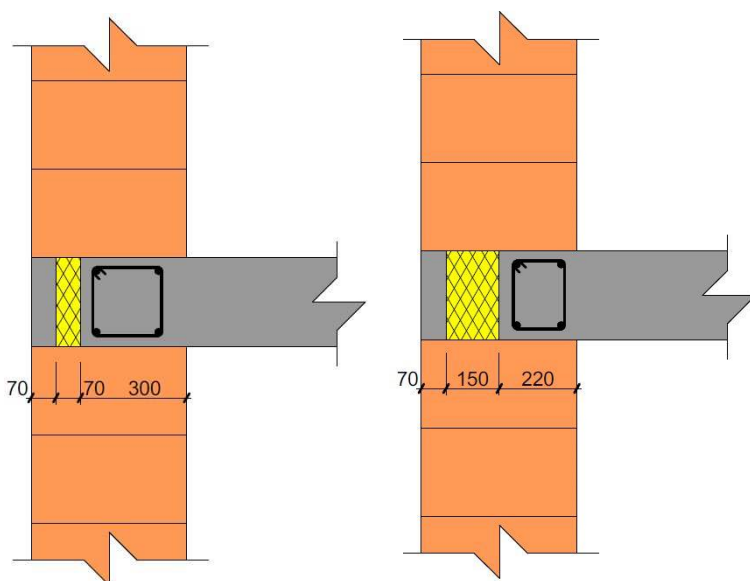
Obrázek č. 92, 93 a 94: Varianta 1 a Varianta 2 a Varianta 3. [1]



Obrázek č. 95, 96 a 97: Varianta 4 a Varianta 5 a Varianta 6. [1]



Obrázek č. 98 a 99: Varianta 7 a Varianta 8. [1]



Obrázek č. 100 a 101: Varianta 9 a Varianta 10. [1]

Materiály

Stavebně-fyzikální parametry materiálů byly stanoveny na základě dostupných podkladů výrobců a platných norem a předpisů.

- zdivo

Jméno Keramické zdivo 44	
* Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	750,00
Modul E [MPa]	3,3200e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,3280e+03
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	1,0900e-01
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
* Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	3320,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smyková pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fxx1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání kolmou k bodům dráhy (fxx2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 102: Keramická tvárnice s tloušťkou 440 mm pro obvodovou nosnou stěnu. [1]

Jméno Keramické zdivo 30	
* Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	850,00
Modul E [MPa]	4,2300e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,6920e+03
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	1,7000e-01
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
* Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	4230,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smyková pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fxx1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání kolmou k bodům dráhy (fxx2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 103: Keramická tvárnice s tloušťkou 300 mm pro vnitřní nosnou stěnu. [1]

- železobeton

Jméno C25/30	
* Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Beton
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	2500,00
Hustota v čerstvém stavu [kg/m³]	2600,00
Modul E [MPa]	3,1500e+04
Poissonův součinitel	0,2
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,3125e+04
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,2
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	6,0000e-01
Tepelná vodivost [W/mK]	4,5000e+01
Pořadí v normě	4
Cena za jednotku [€/m³]	1,00
* EN 1992-1-1	
Charakteristická válcová pevnost v tlaku fck(28) [MPa]	25,00
Vypočtené závislé hodnoty	<input checked="" type="checkbox"/>
Průměrná pevnost v tlaku fcm(28) [MPa]	33,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Střední pevnost v tahu fctm(28) [MPa]	2,60
fctk 0,05(28) [MPa]	1,80
fctk 0,95(28) [MPa]	3,40

Obrázek č. 104: Železobetonová monolitická stropní konstrukce. [1]

- věncové tvárnice

Jméno Věncovka	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	900,00
Modul E [MPa]	1,2000e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	4,8000e+02
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	2,1000e-01
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	1200,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smykové pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání kolmou k bodům dráhy (fk2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 105: Keramická věncová tvárnice v tloušťce 80 mm. [1]

Jméno Věncovka 20	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	765,00
Modul E [MPa]	2,5000e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,0000e+03
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	7,9000e-02
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	2500,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smykové pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání kolmou k bodům dráhy (fk2) [kN/m²]	400,0

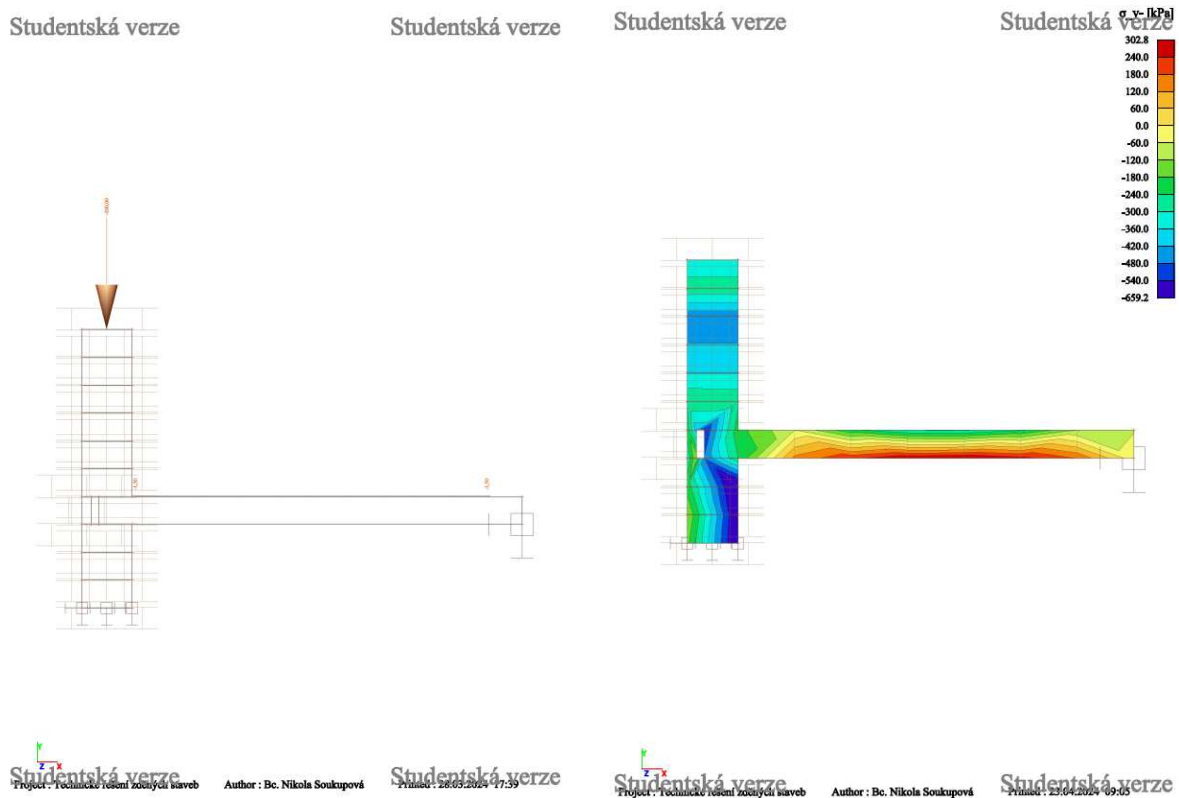
Obrázek č. 106: Keramická věncová tvárnice v tloušťce 200 mm. [1]

Jméno Věncovka	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	2300,00
Modul E [MPa]	3,1500e+04
Poissonův součinitel	0,2
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,3125e+04
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0200e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	1,4300e+00
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	3200,0
Výpočet závislých hodnot	<input type="checkbox"/> ne
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smykové pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinnou selhání kolmou k bodům dráhy (fk2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 107: Betonová věncová tvárnice v tloušťce 70 mm. [1]

Prvotní model

Výpočtové modely jsou založeny na modelaci výseku z konstrukce v jednom podlaží v místě styku stropní konstrukce se stěnou. Modely byly zatěžovány svislou silou v hodnotě 100 kN v polovině stěny (na střední osu) odpovídají 220 mm od vnějšího líce stěny.



Obrázek č. 108 a 109: Ukázka prvního modelu - model konstrukce se zatížením a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1]

Výsledky výpočtu zobrazují přibližné rozložení vnitřních napětí na nosnou stěnu pod stropní konstrukcí. Z výsledků také vyplývá částečný přenos zatížení výplňovou věncovou tvárnici z keramiky. Horní část stěny nemůže být posouzena, neboť dochází k jejímu drcení pod svislou silou, ve skutečnosti by tento stav nenastal. [1]

Druhý model

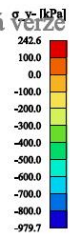
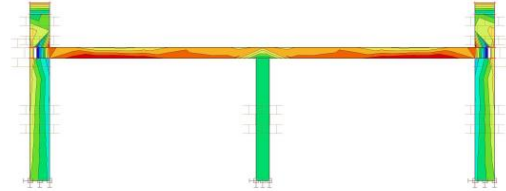
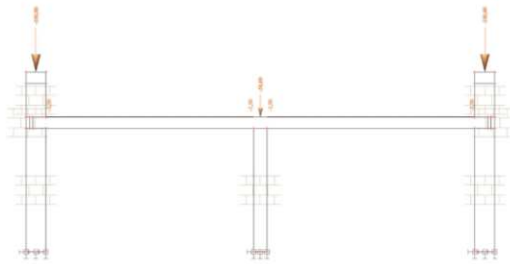
Vnitřní napětí byly stanovené na výseku z konstrukčního systému pro jedno podlaží (spodní podlaží objektu). Obvodové nosné stěny byly zatěžovány svislým osamělým břemenem v hodnotě 100 kN, vnitřní nosné stěny pak břemenem v hodnotě 50 kN. Svislá síla byla umístěna na střední osu obvodových stěn (do 220 mm od vnějšího líce stěny), poté byla umístěna do 240, 260, 280 a 300 mm. Totéž bylo zopakováno pro osamělé břemeno v hodnotě 200 kN pro obvodové stěny a 100 kN pro vnitřní nosnou stěnu. [1]

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zdišné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2024 09:15

Studentská verze

Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zdišné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2024 09:15

Studentská verze

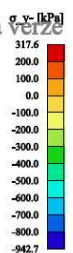
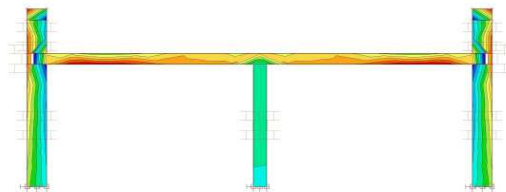
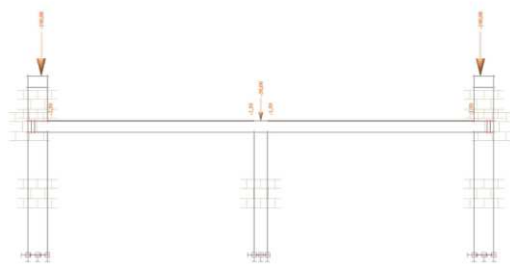
Obrázek č. 110 a 111: Ukázka druhého modelu – model konstrukce se zatížením na střední osu stěny v 220 mm a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1]

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zdišné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2024 09:22

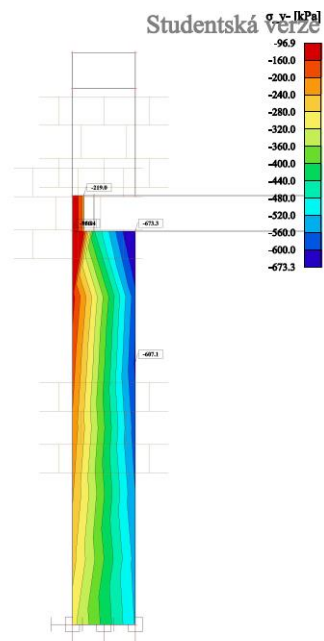
Studentská verze

Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zdišné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2024 09:15

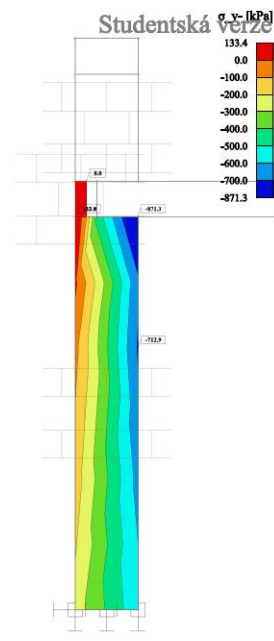
Studentská verze

Obrázek č. 112 a 113: Ukázka druhého modelu – model konstrukce se zatížením v 300 mm a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1]

Studentská verze



Studentská verze



Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zedné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2014 - 09.26

Studentská verze

Studentská verze
Projekt - Technické doporučení zedné konstrukce autor : Bc. Nikola Soukupová
Průběh : 23.04.2014 - 09.28

Studentská verze

Obrázek č. 114 a 115: Ukázka druhého modelu – výsledné napětí σ_y - na obvodové stěně a věncové tvárnici pro zatížení silou v 220 a 300 mm. [1]

Modely výsledků ukazují přibližné rozložení vnitřní svislé síly v obvodové nosné stěně. Rozložení sil je vykresleno přesněji než u prvního modelu. Horní část stěny nemůže být opět posouzena, vzniká zde tahové namáhání u spodního vnitřního líce stěny a v některých případech také u věncové tvárnice. Lze z toho odvodit, že ani zatížení od horní stavby na posuzovanou spodní stěnu není rozloženo zcela podle potřeb a očekávání od modelu konstrukce pro získání kvalitních výsledků. [1]

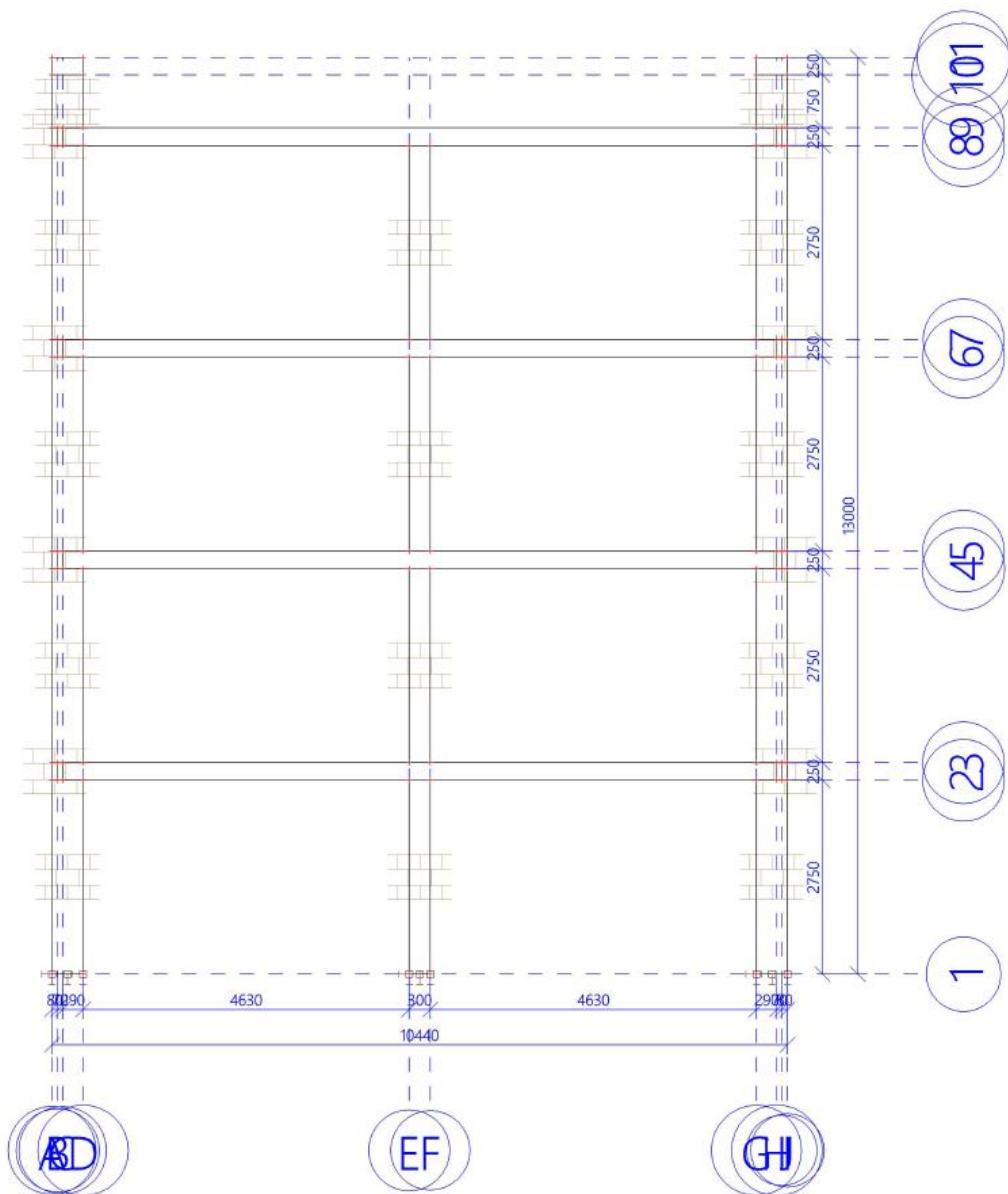
Finální model

Výpočtový model zobrazuje příčný řez čtyřpodlažní stavby. Veškeré stanovené zatěžující účinky působící na objekt odpovídají skutečnosti.

Obrázek č. 116: Ukázka finálního modelu – model konstrukce pro variantu 4. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

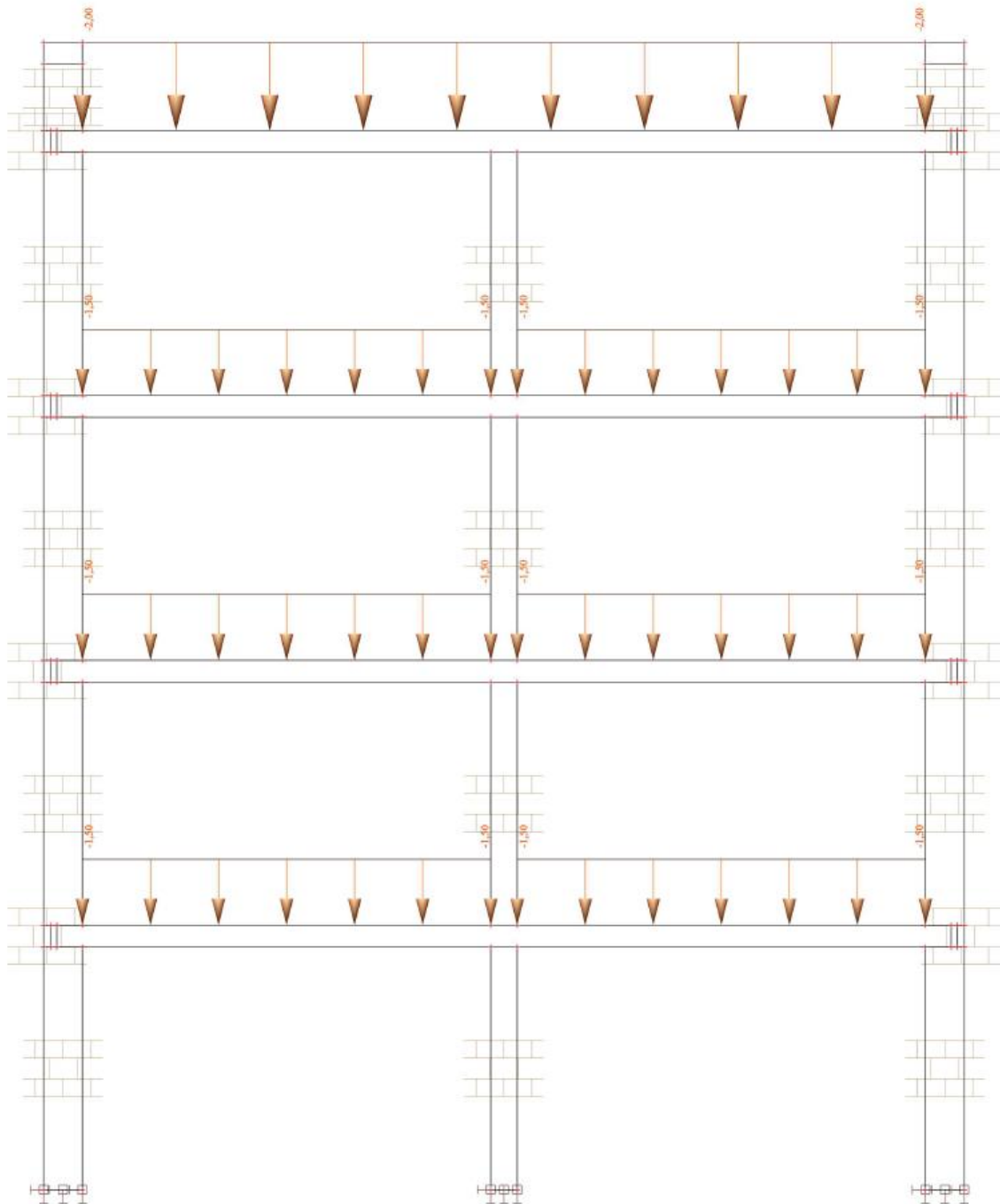
Studentská verze

Printed: 26.03.2024 14:57

Obrázek č. 117: Ukázka finálního modelu – model zatížení – ostatní stálé zatížení pro variantu 4. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných autů Author : Bc. Nikola Soukupová

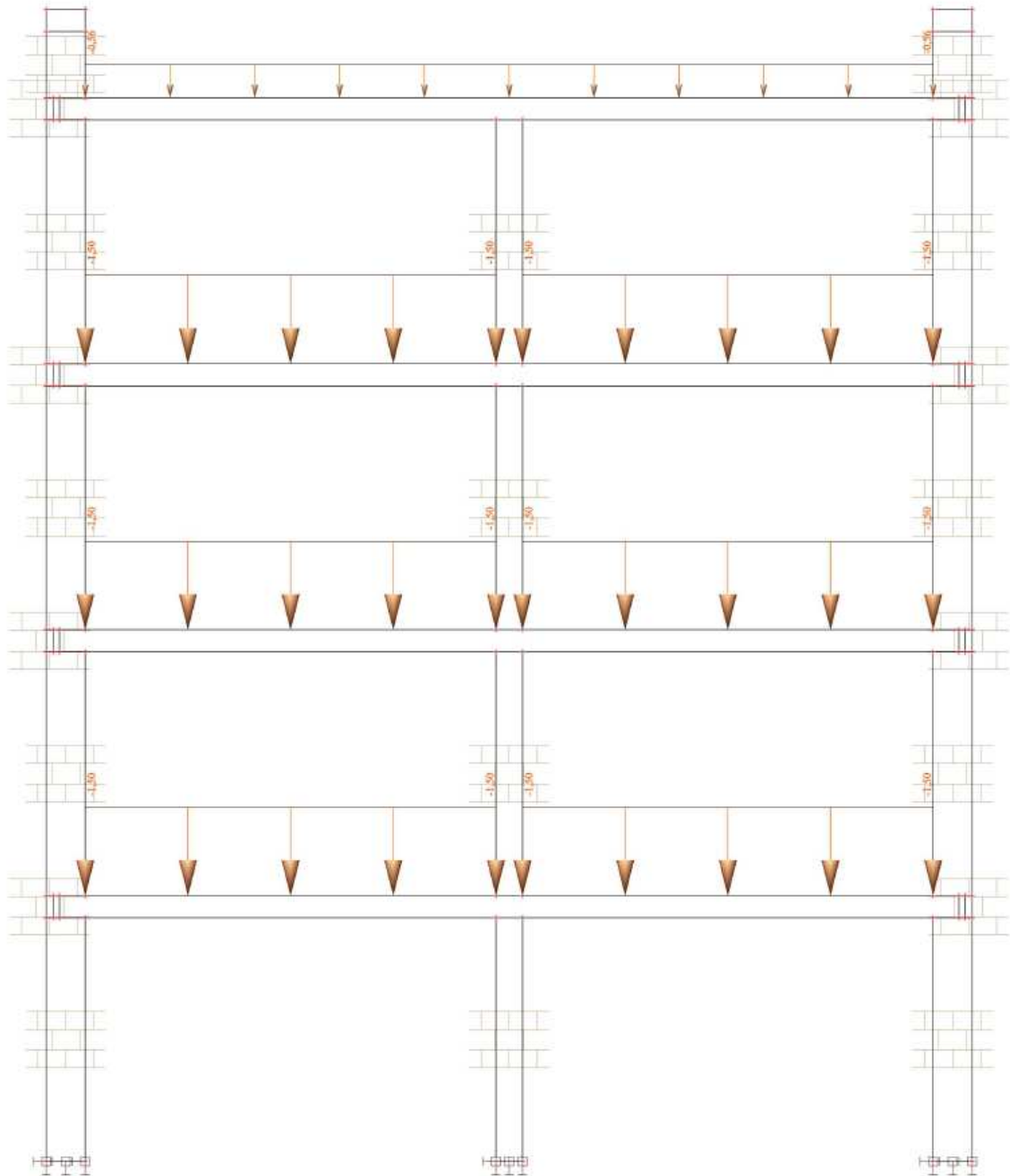
Studentská verze

Printed : 26.03.2024 14:59

Obrázek č. 118: Ukázka finálního modelu – model zatížení – proměnná zatížení pro variantu 4. [1]

Studentská verze

Studentská verze



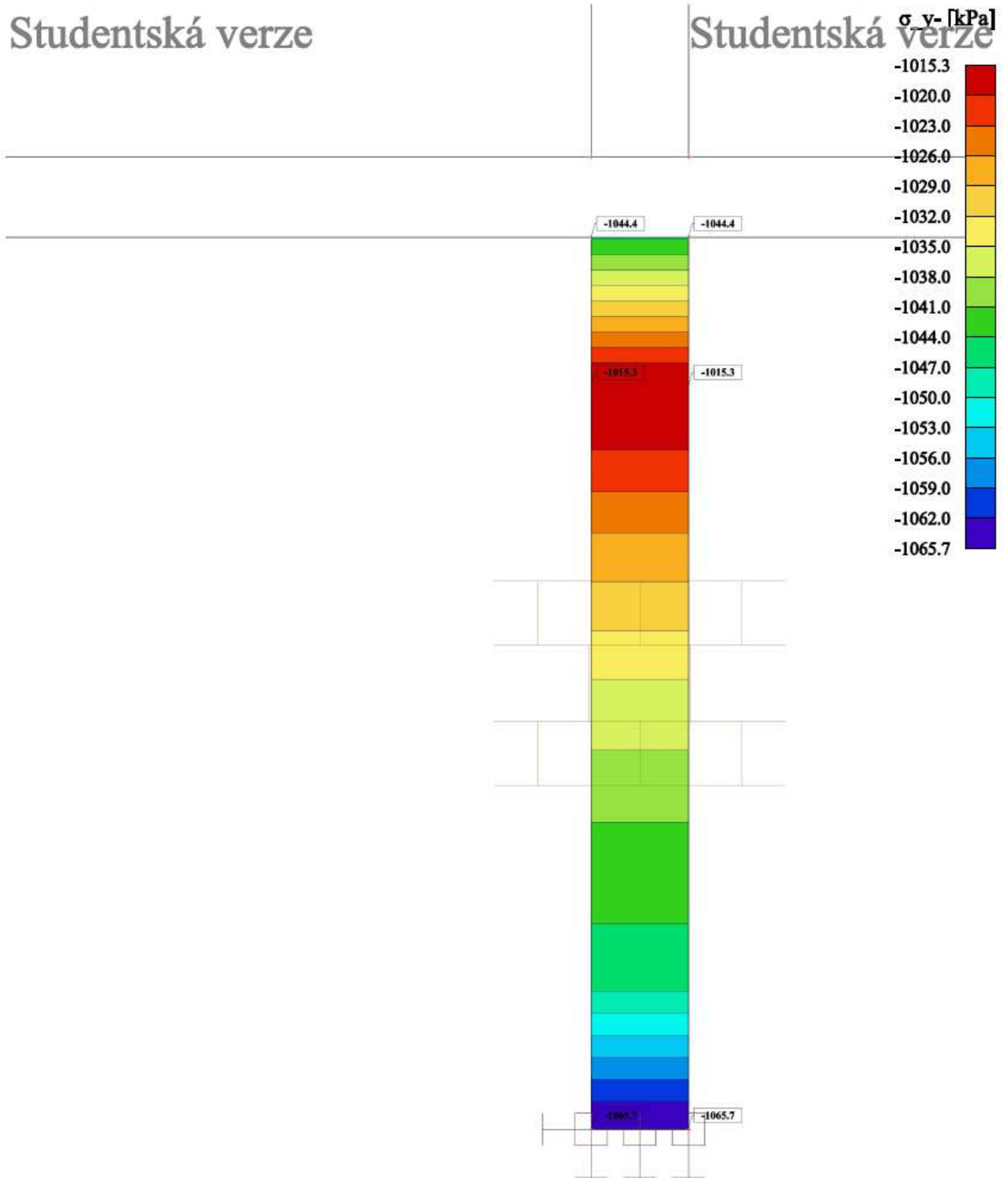
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných autorky Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 26.03.2024 15:00

Obrázek č. 119: Ukázka finálního modelu – návrhové napětí σ_y – střední nosná stěna pro variantu 4. [1]

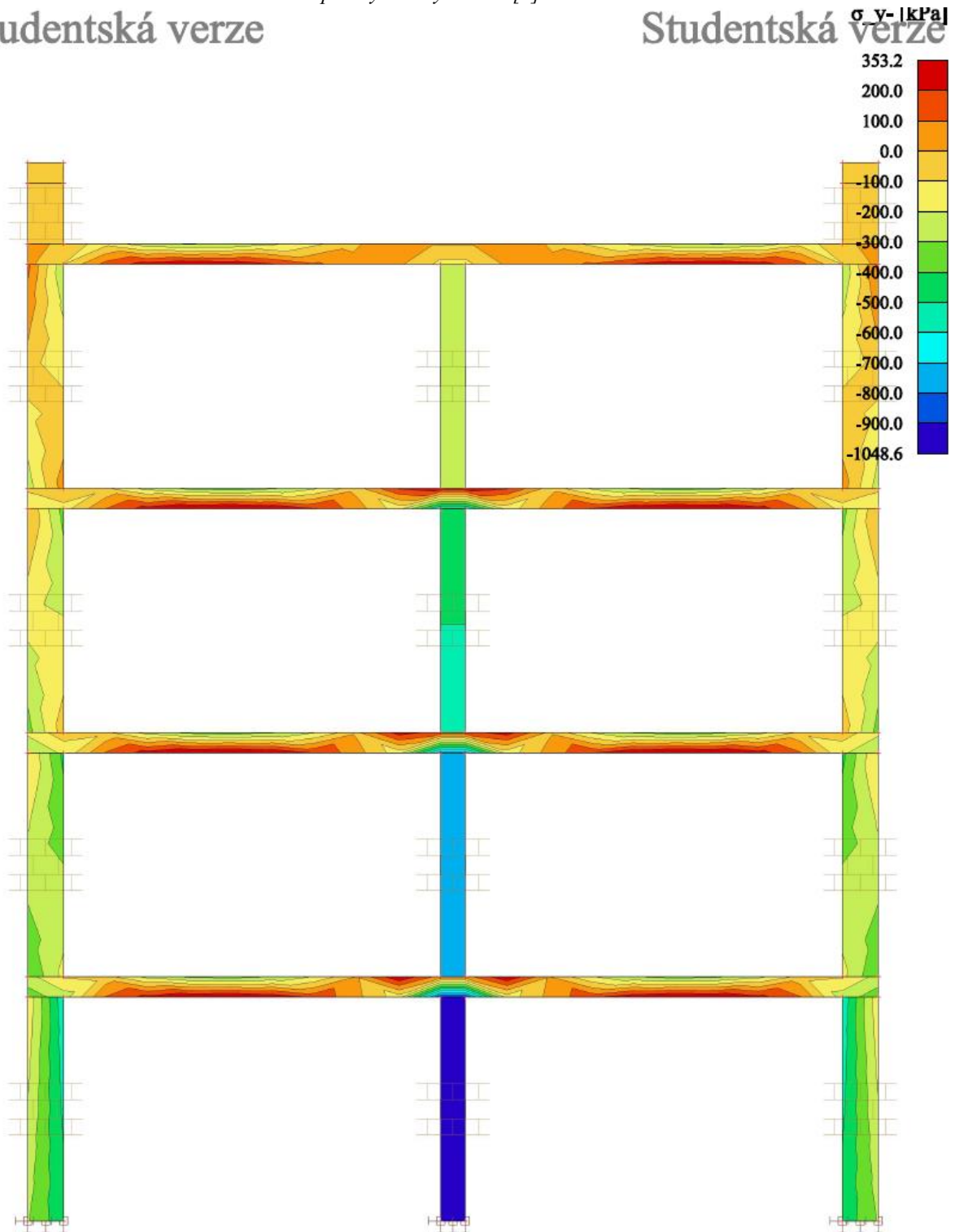


a) Varianta 1 – uložení stropní konstrukce na tloušťku stěny

Obrázek č. 120: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

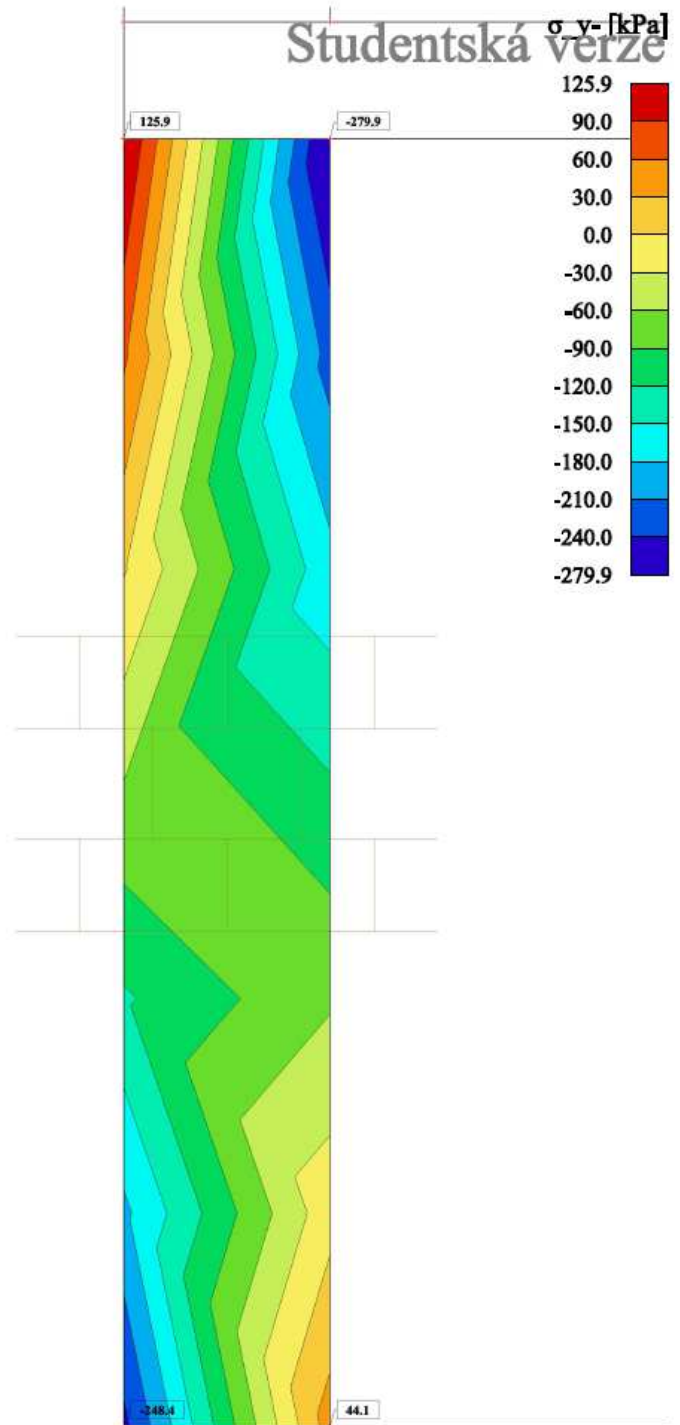
Studentská verze

Studentská verze



Obrázek č. 121: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze

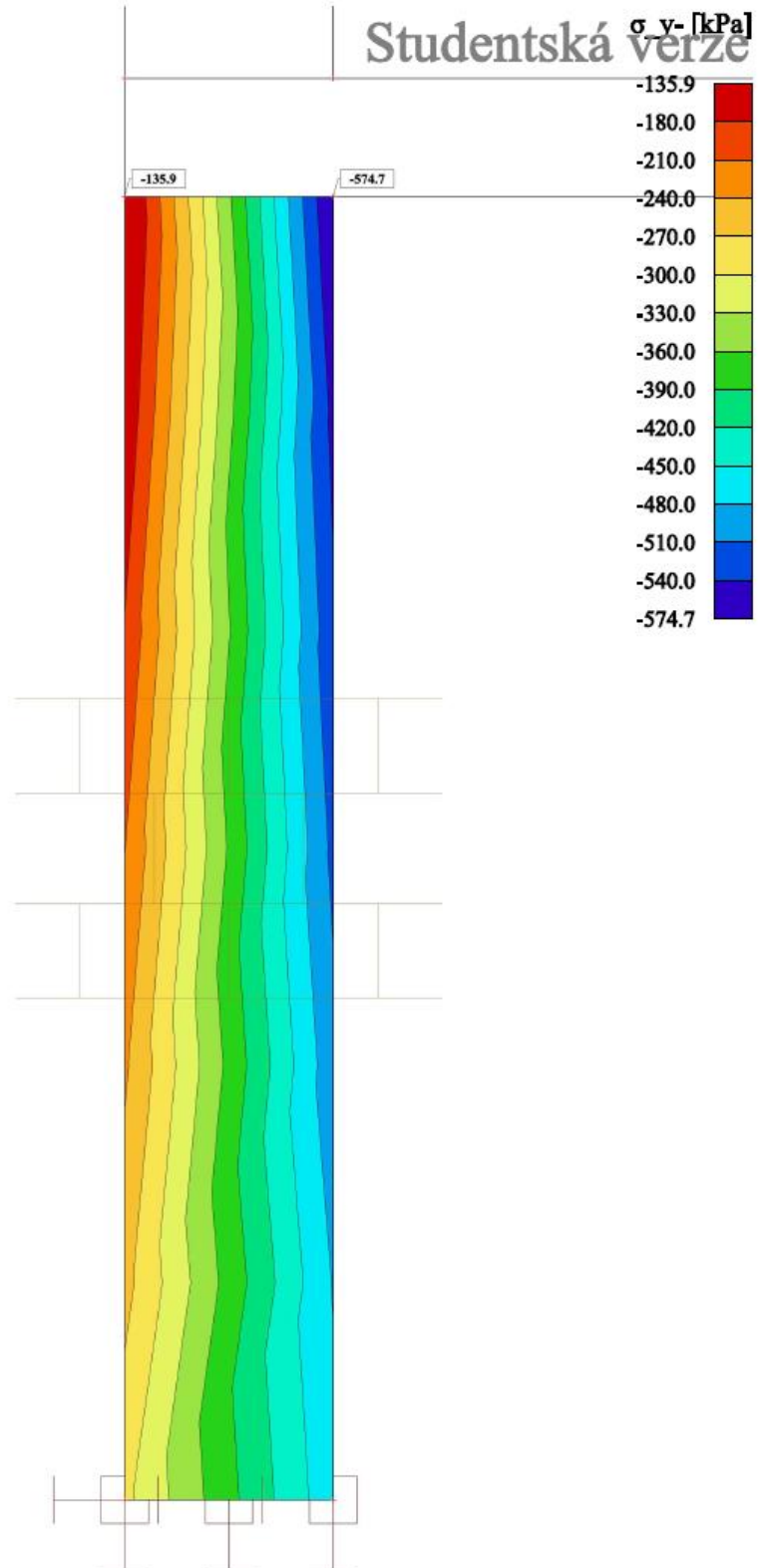


Studentská verze

Studentská verze
Printed : 22.04.2024 13:37

Obrázek č. 122: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

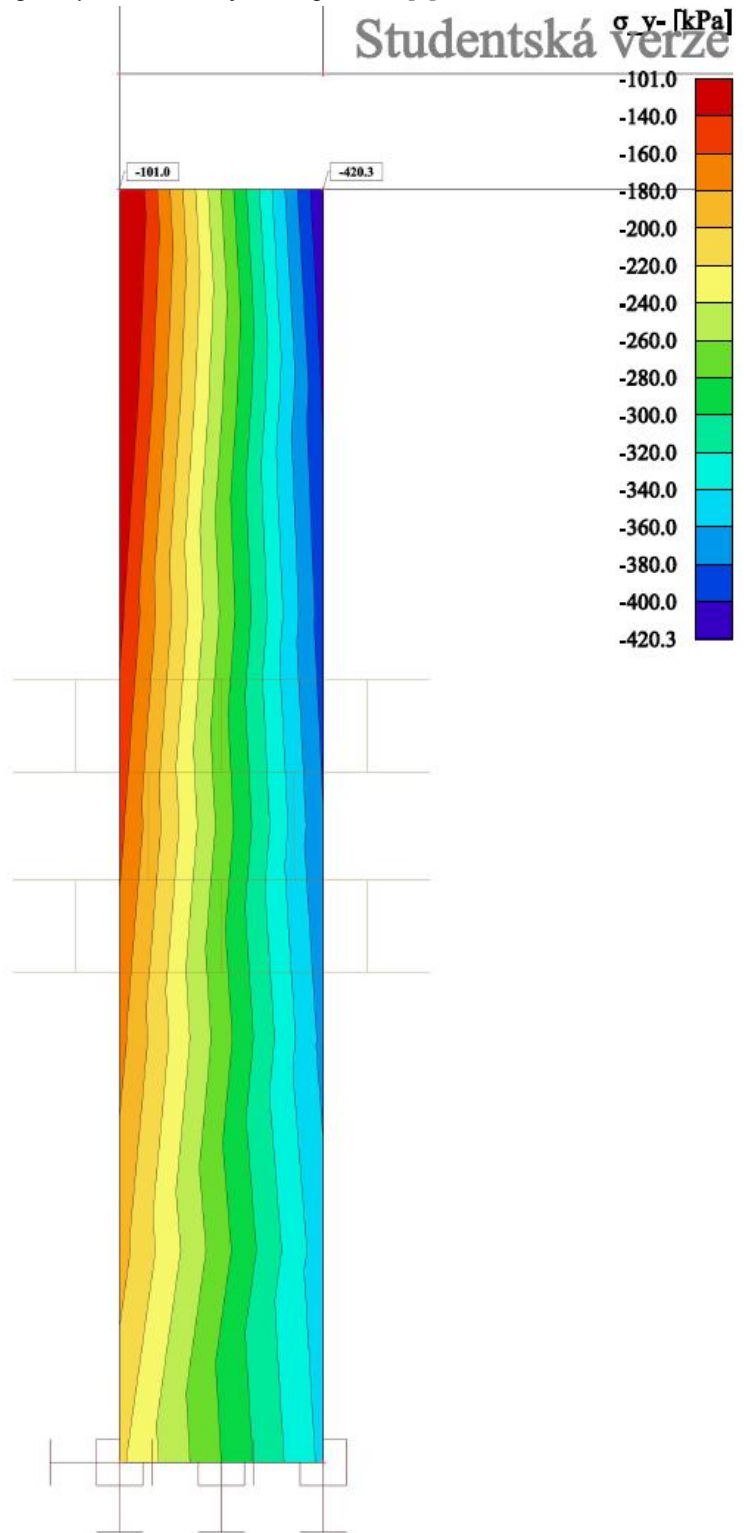
Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 22.04.2024 13:36

Obrázek č. 123: Varianta 1 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

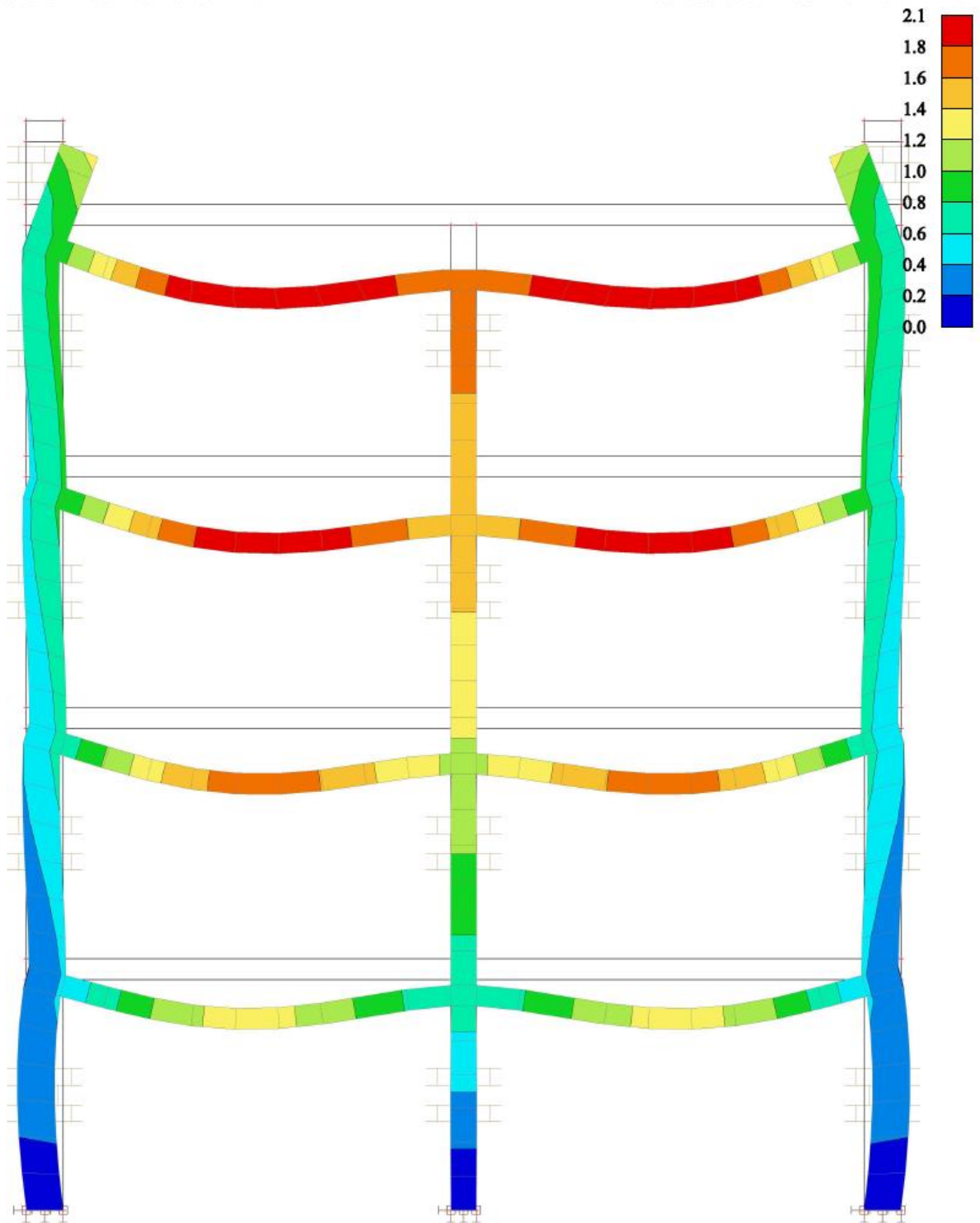
Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:36

Obrázek č. 124: Varianta 1 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze U_{total} [mm]



Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Author : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

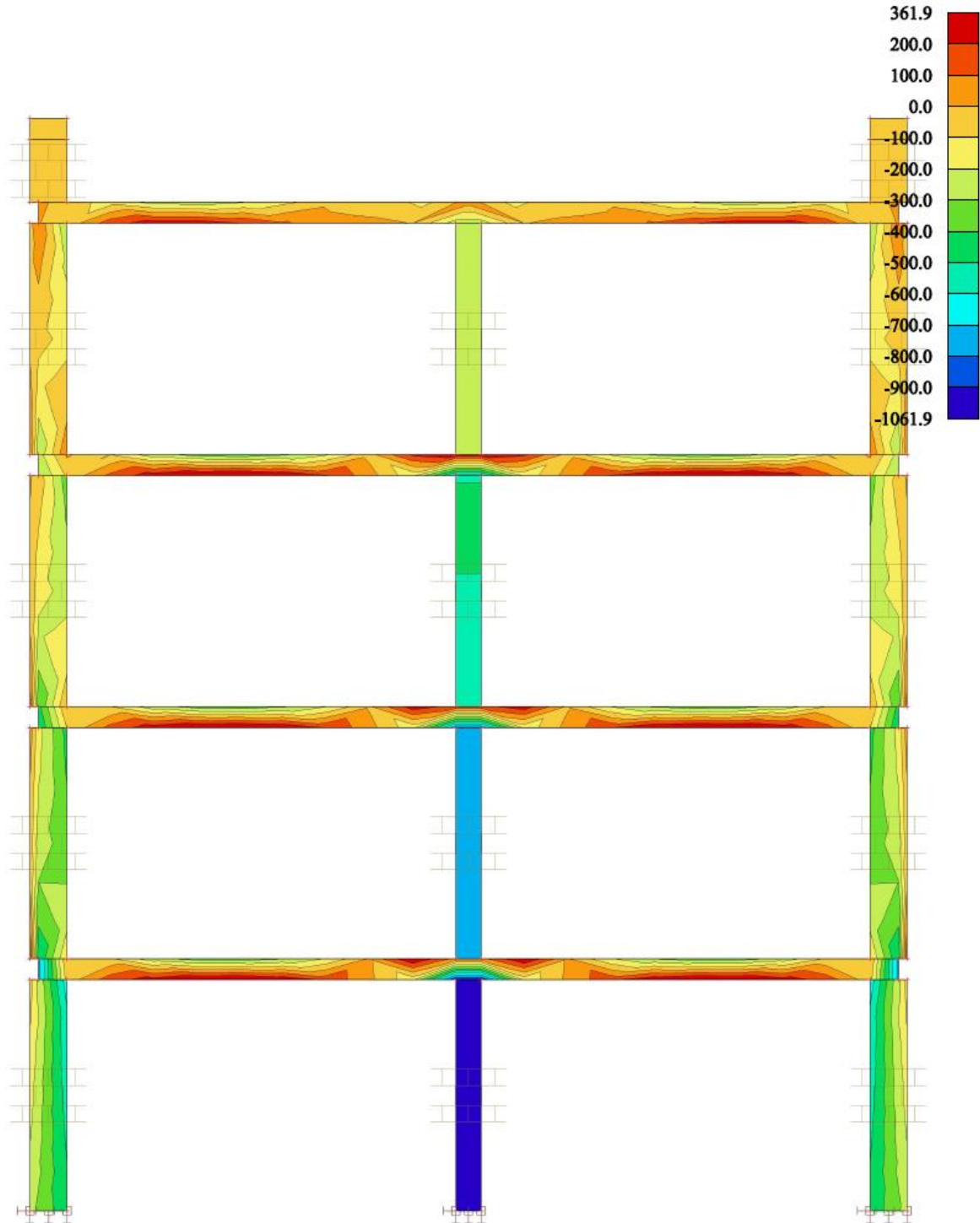
Printed : 26.03.2024 09:43

- b) Varianta 2 – uložení stropní konstrukce na většinu tloušťky stěny 340 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny se zateplením 100 mm

Obrázek č. 125: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



Studentská verze

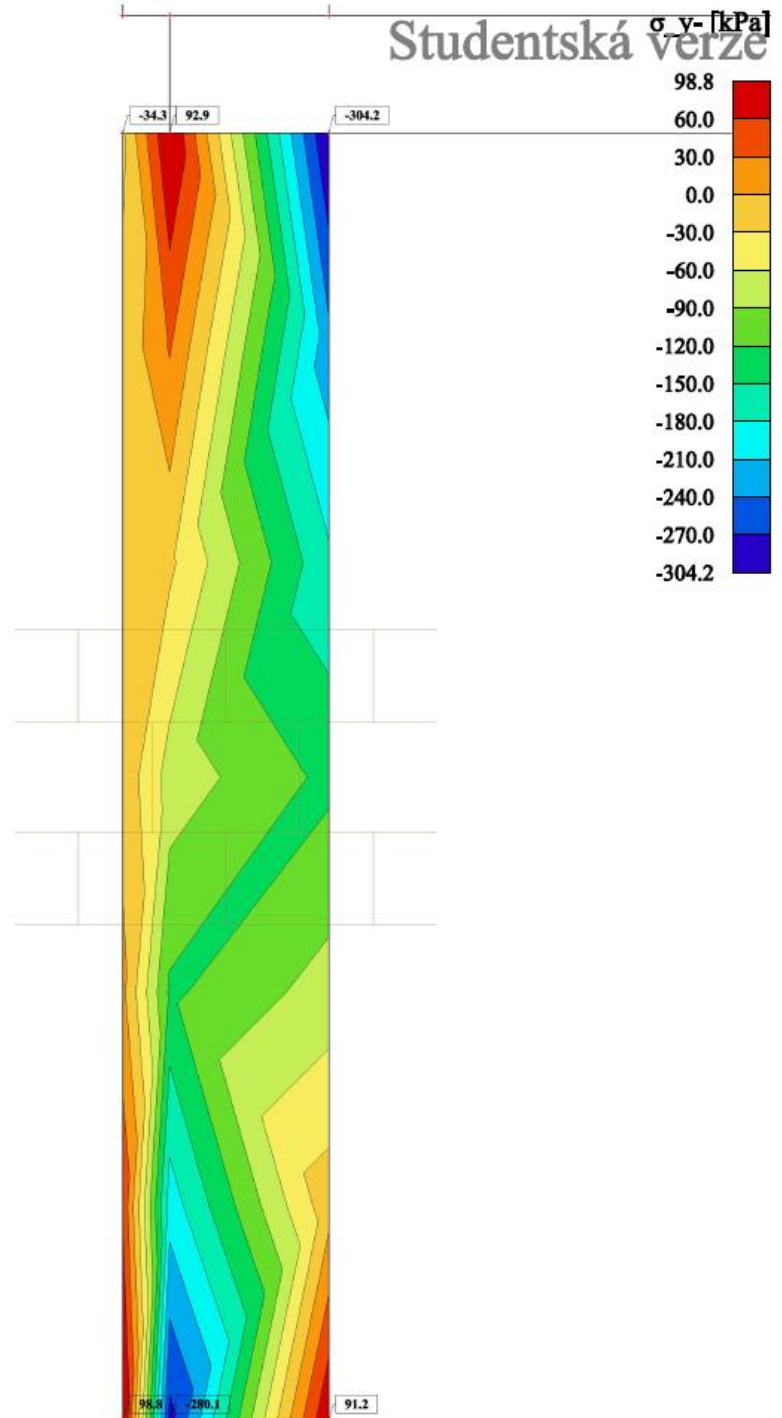
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:42

Obrázek č. 126: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

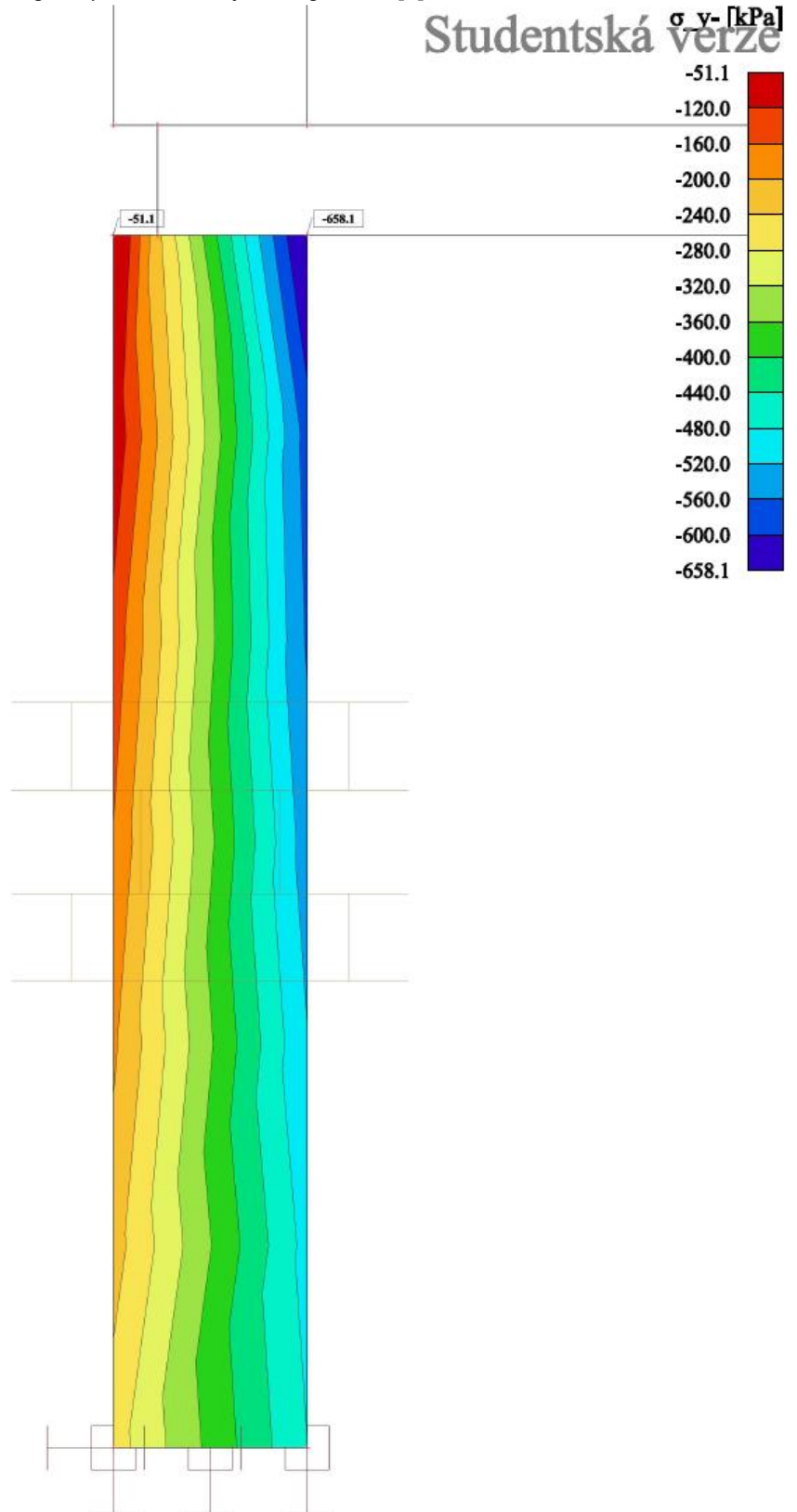
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:41

Obrázek č. 127: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučené technické řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:39

Obrázek č. 128: Varianta 2 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

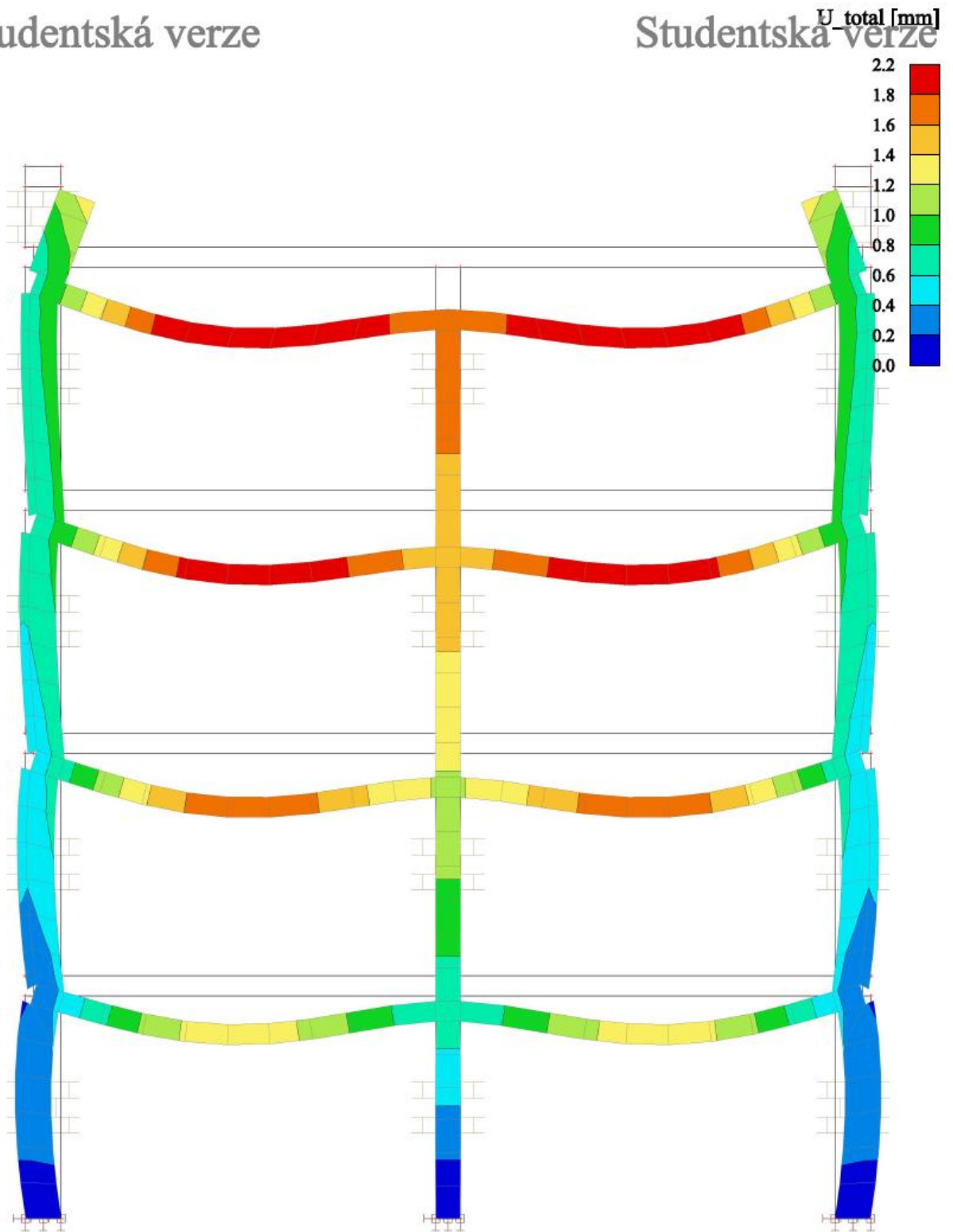
Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:40

Obrázek č. 129: Varianta 2 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

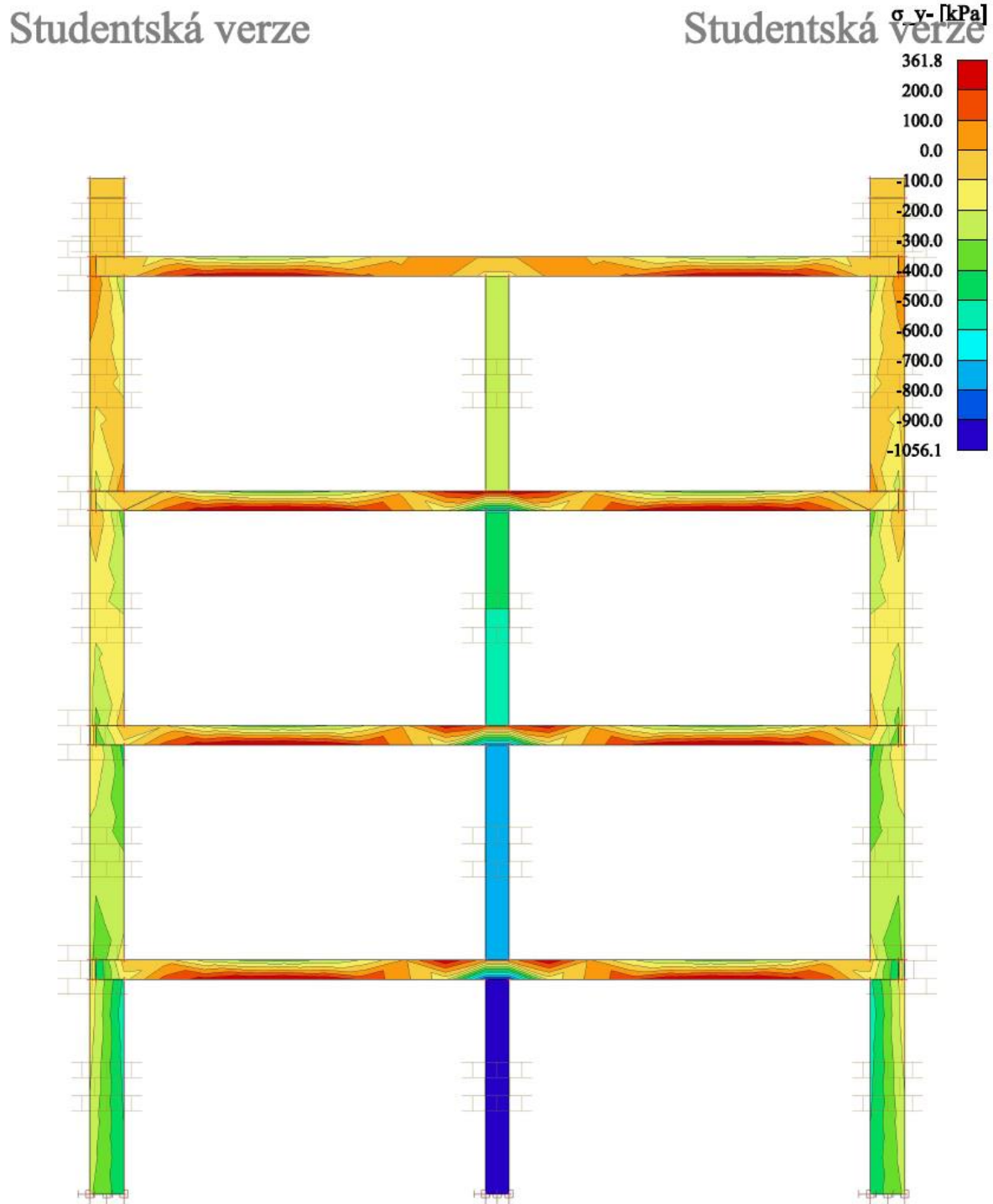
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 26.03.2024 09:38

- c) Varianta 3 – uložení stropní konstrukce na většinu tloušťky stěny 360 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm

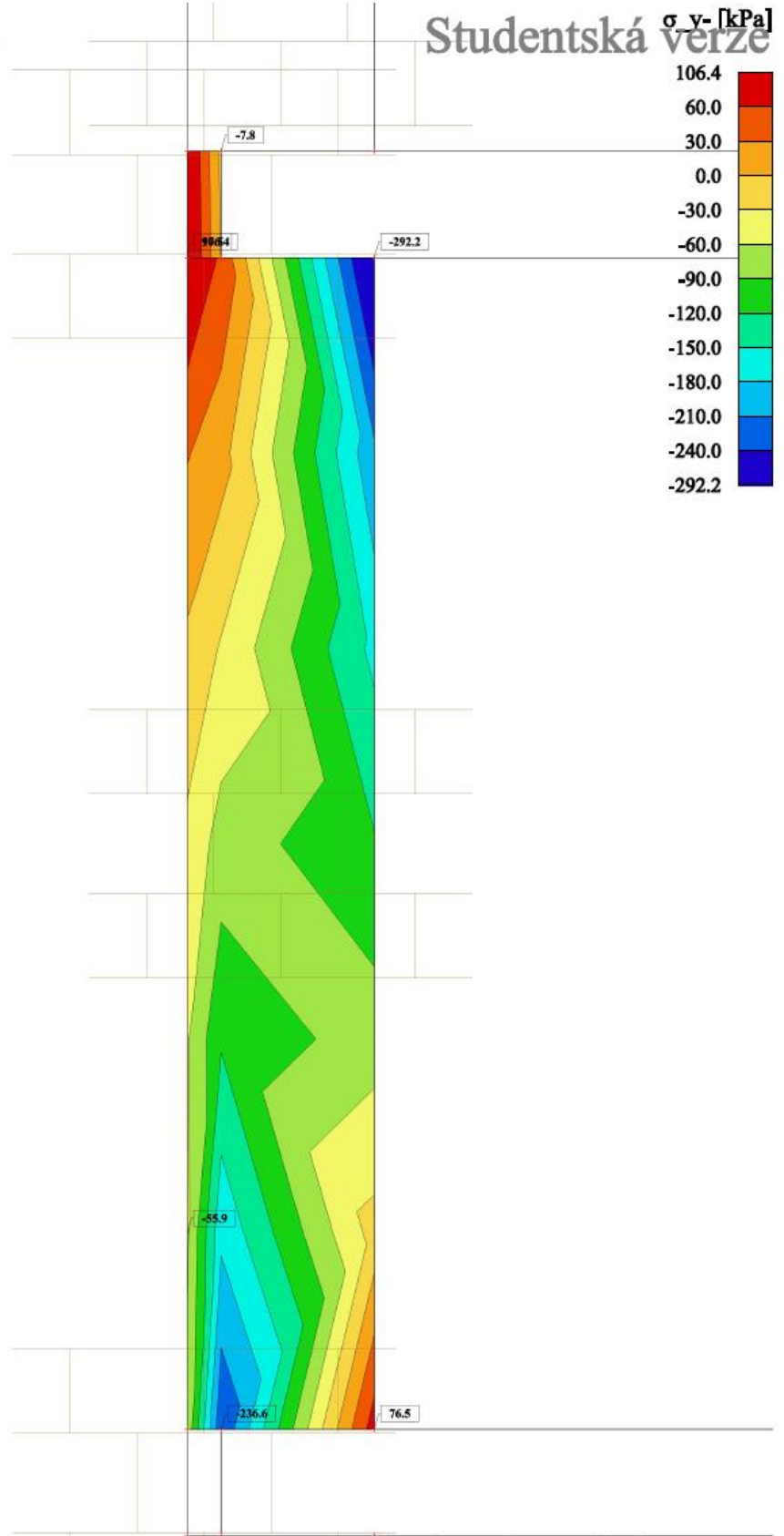
Obrázek č. 130: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]



Obrázek č. 131: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze

Studentská verze

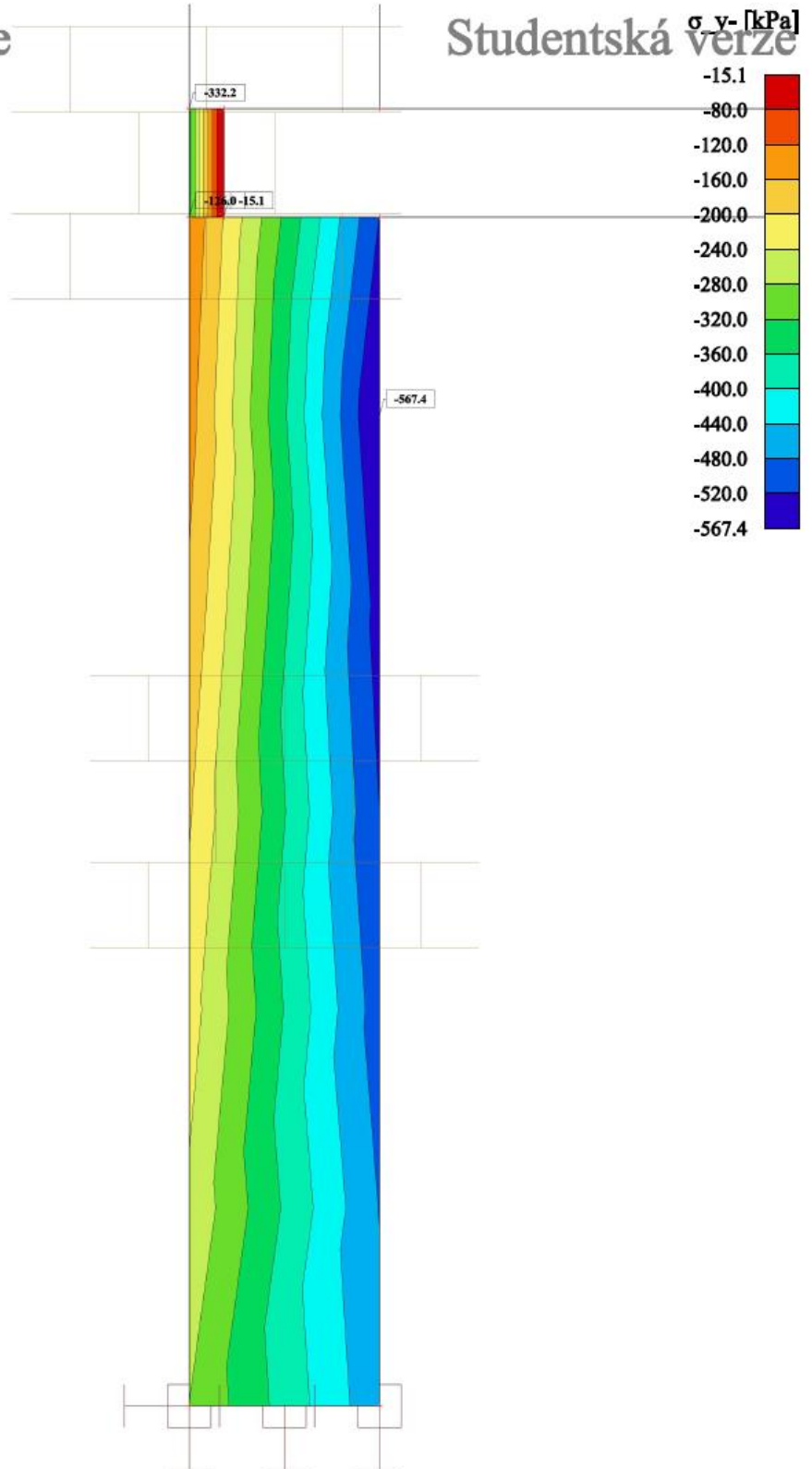


Studentská verze

Studentská verze

Obrázek č. 132: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných autotrhů Author: Bc. Nikola Soukupová

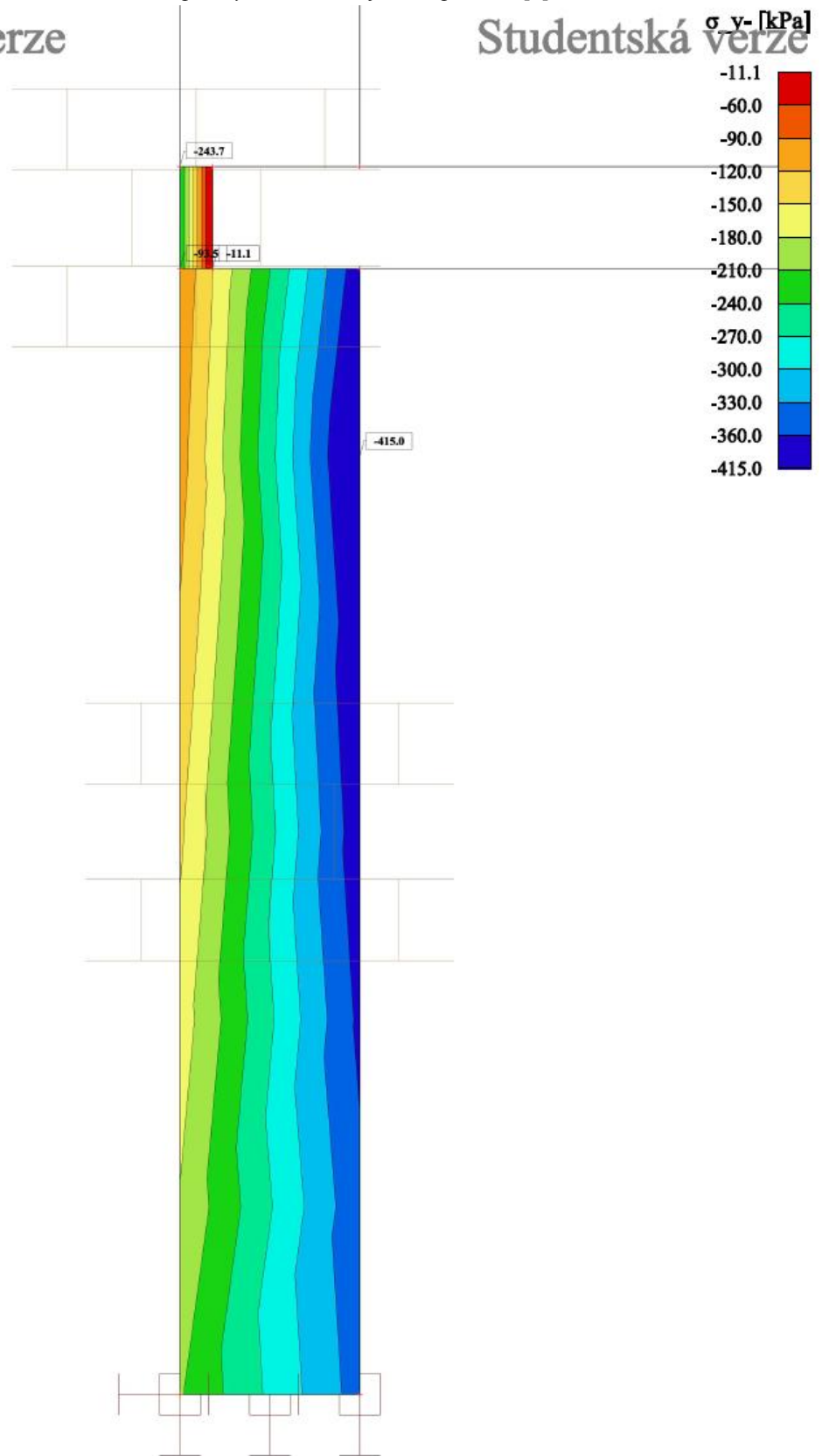
Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:16

Obrázek č. 133: Varianta 3 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

Studentská verze



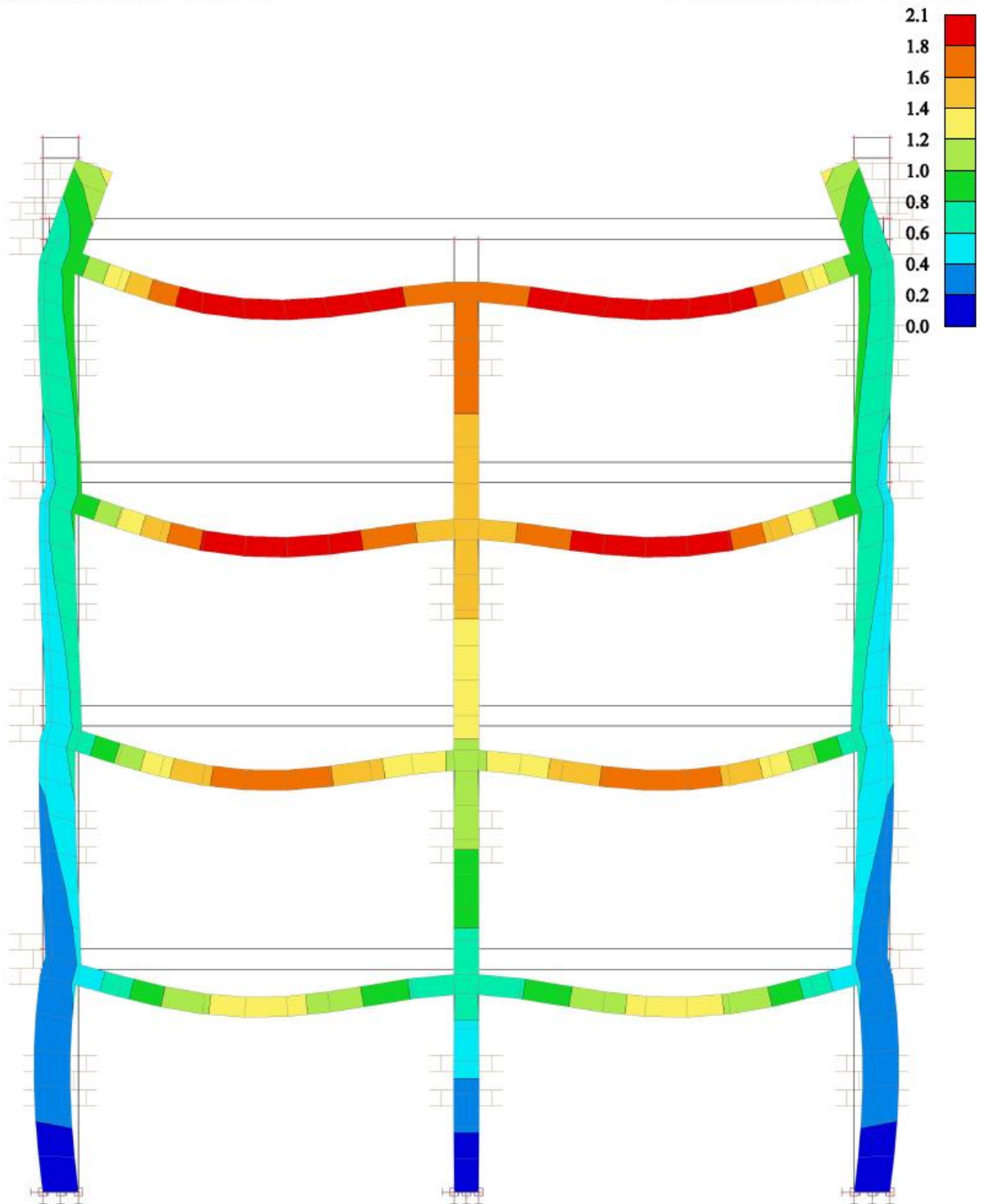
Studentská verze

Studentská verze

Obrázek č. 134: Varianta 3 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

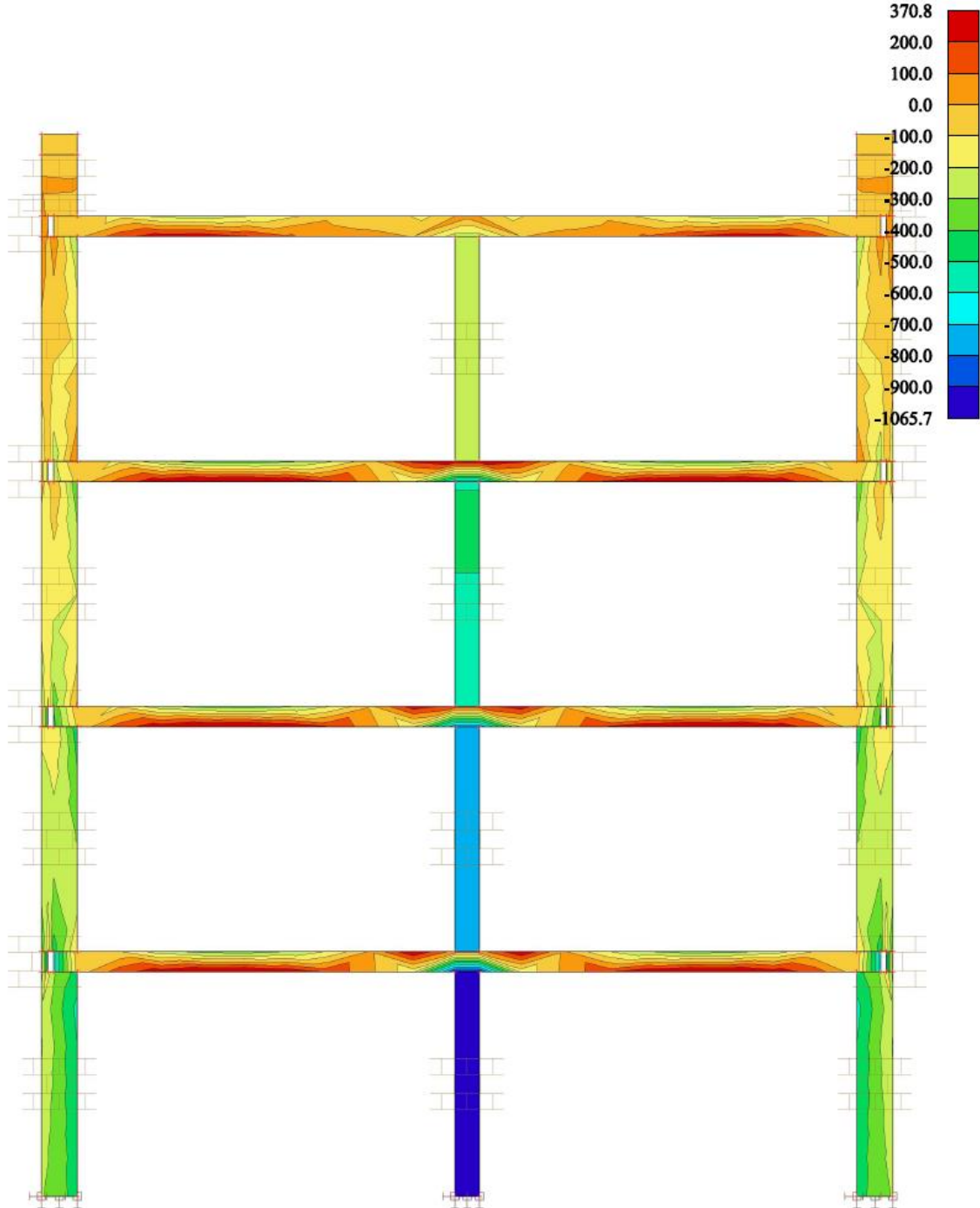
Printed: 26.03.2024 09:47

- d) Varianta 4 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 290 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 80 mm a tepelnou izolací 70 mm

Obrázek č. 135: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



Studentská verze

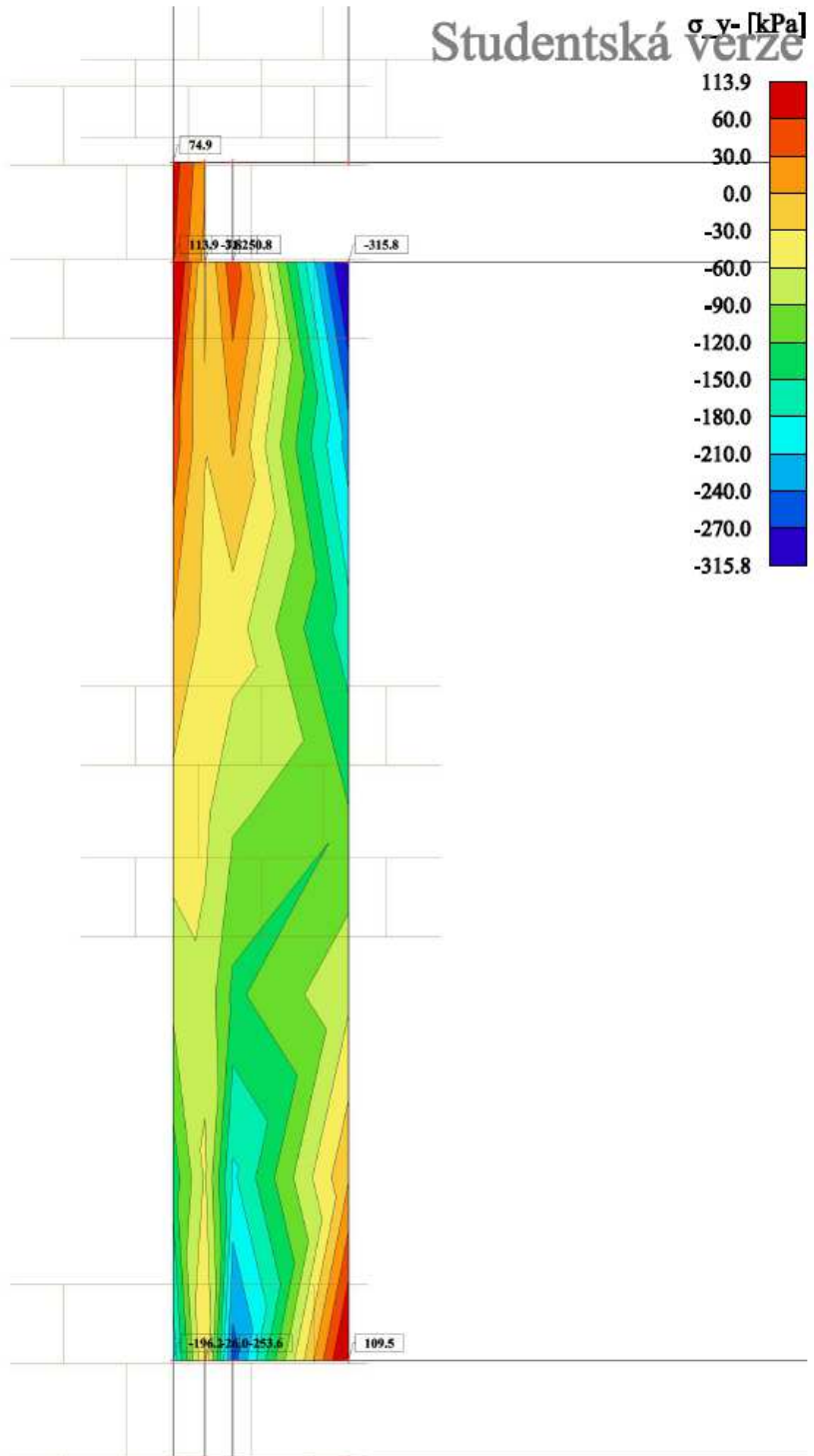
Project: Doporučení technického řešení zděných autotrhů Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:48

Obrázek č. 136: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze

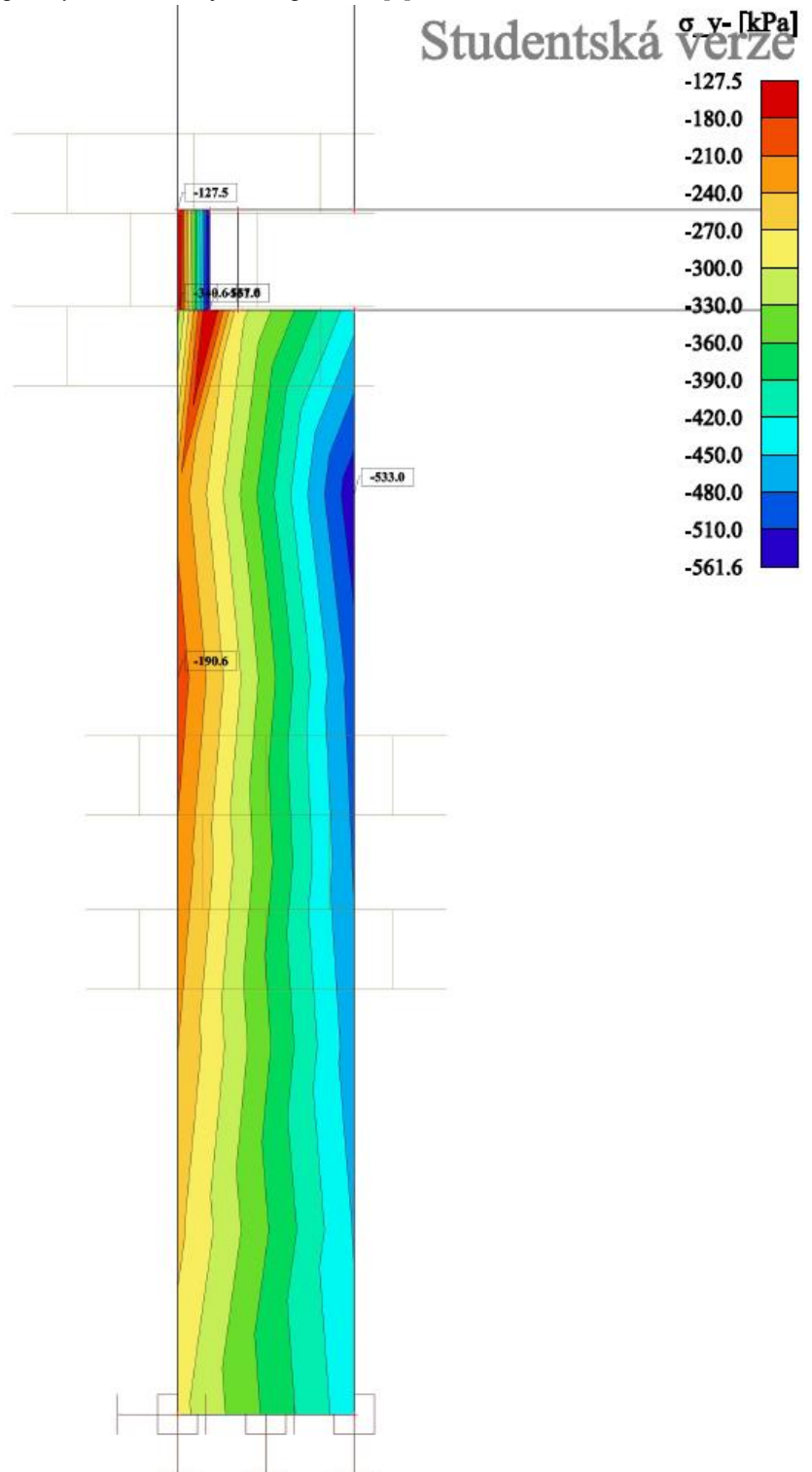


Studentská verze

Studentská verze

Obrázek č. 137: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

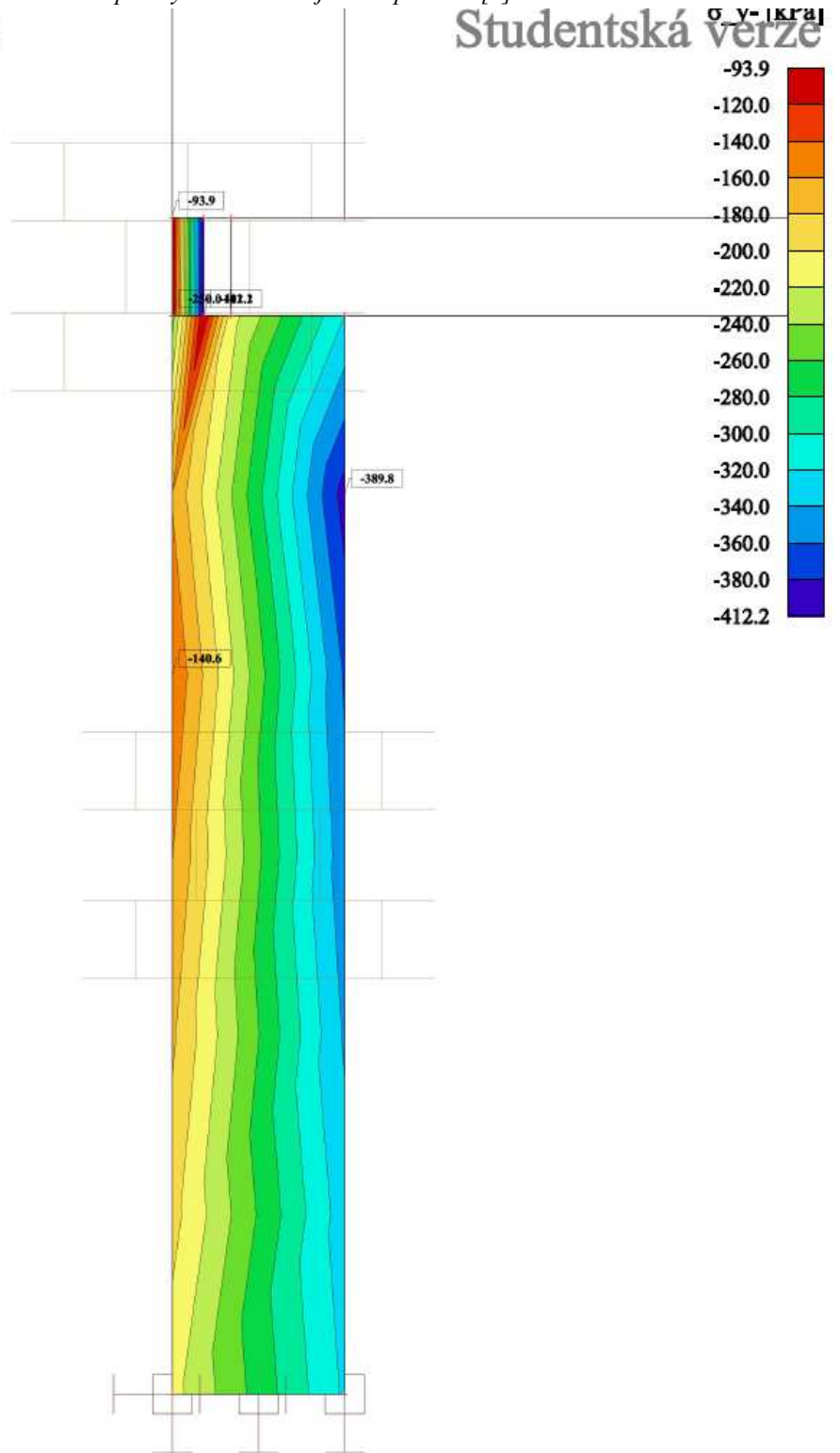
Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Author : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 22.04.2024 13:44

Obrázek č. 138: Varianta 4 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

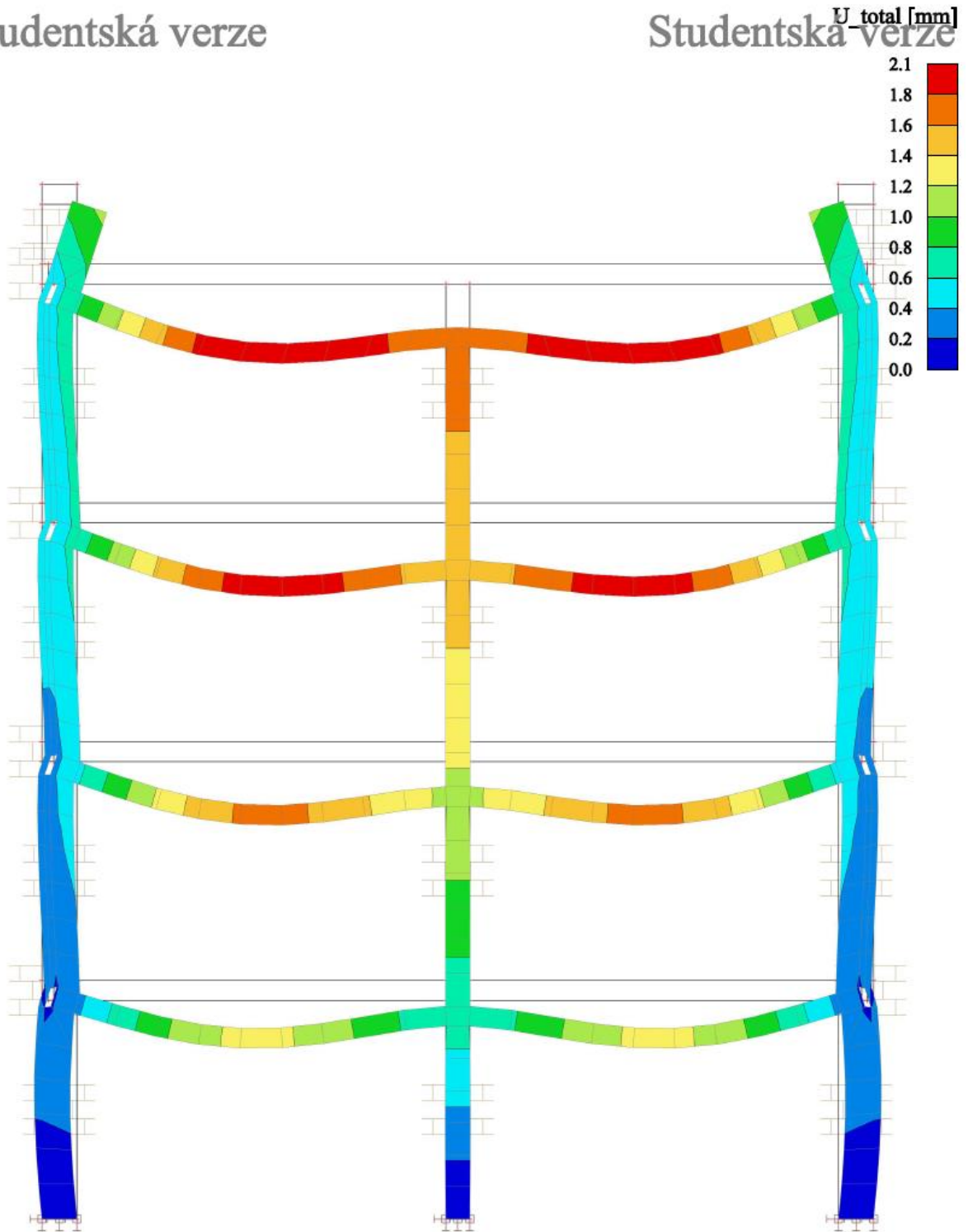
Studentská verze

Printed : 22.04.2024 13:45

Obrázek č. 139: Varianta 4 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

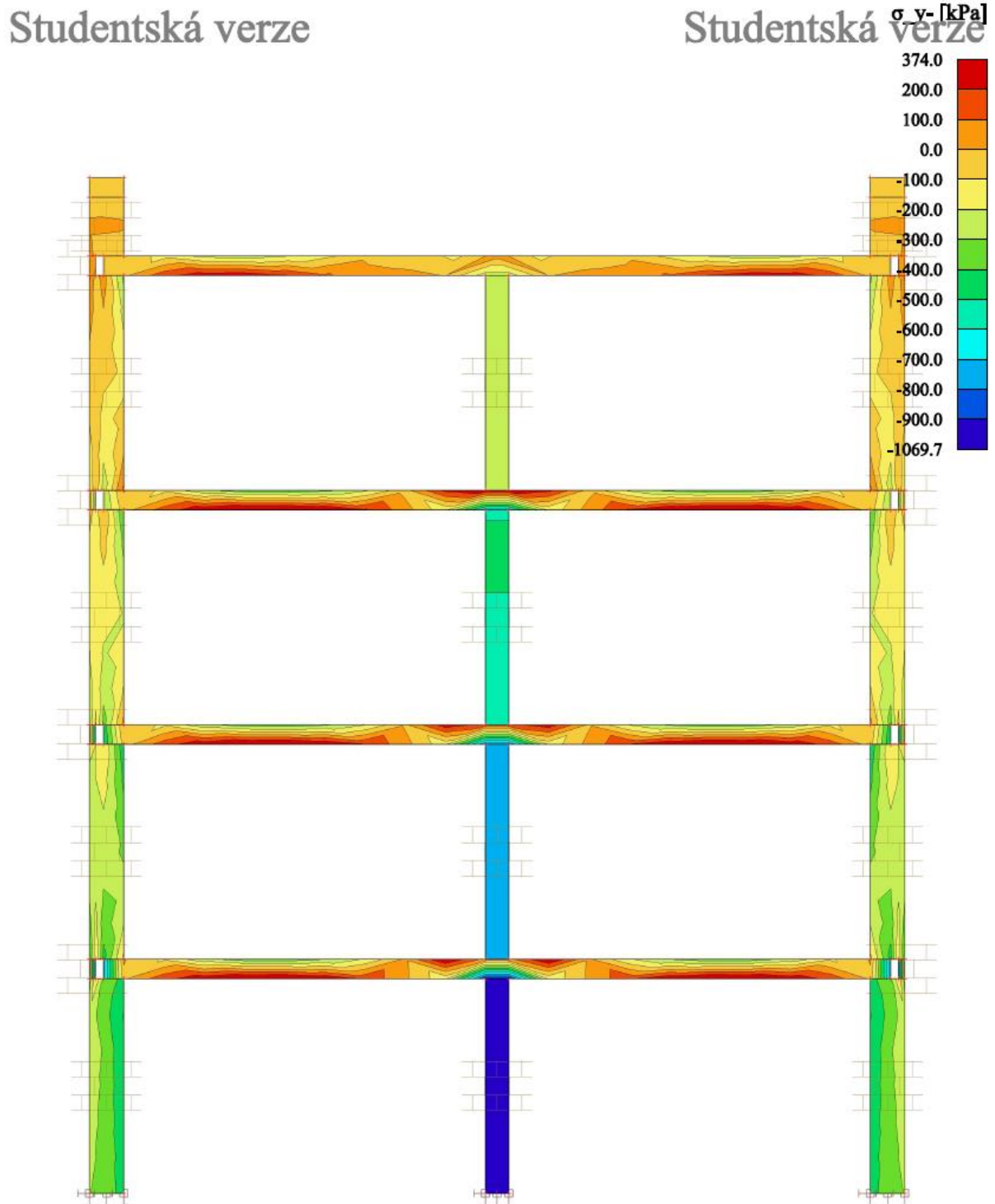
Project : Doporučení technického řešení zděných autotrolů Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 26.03.2024 15:01

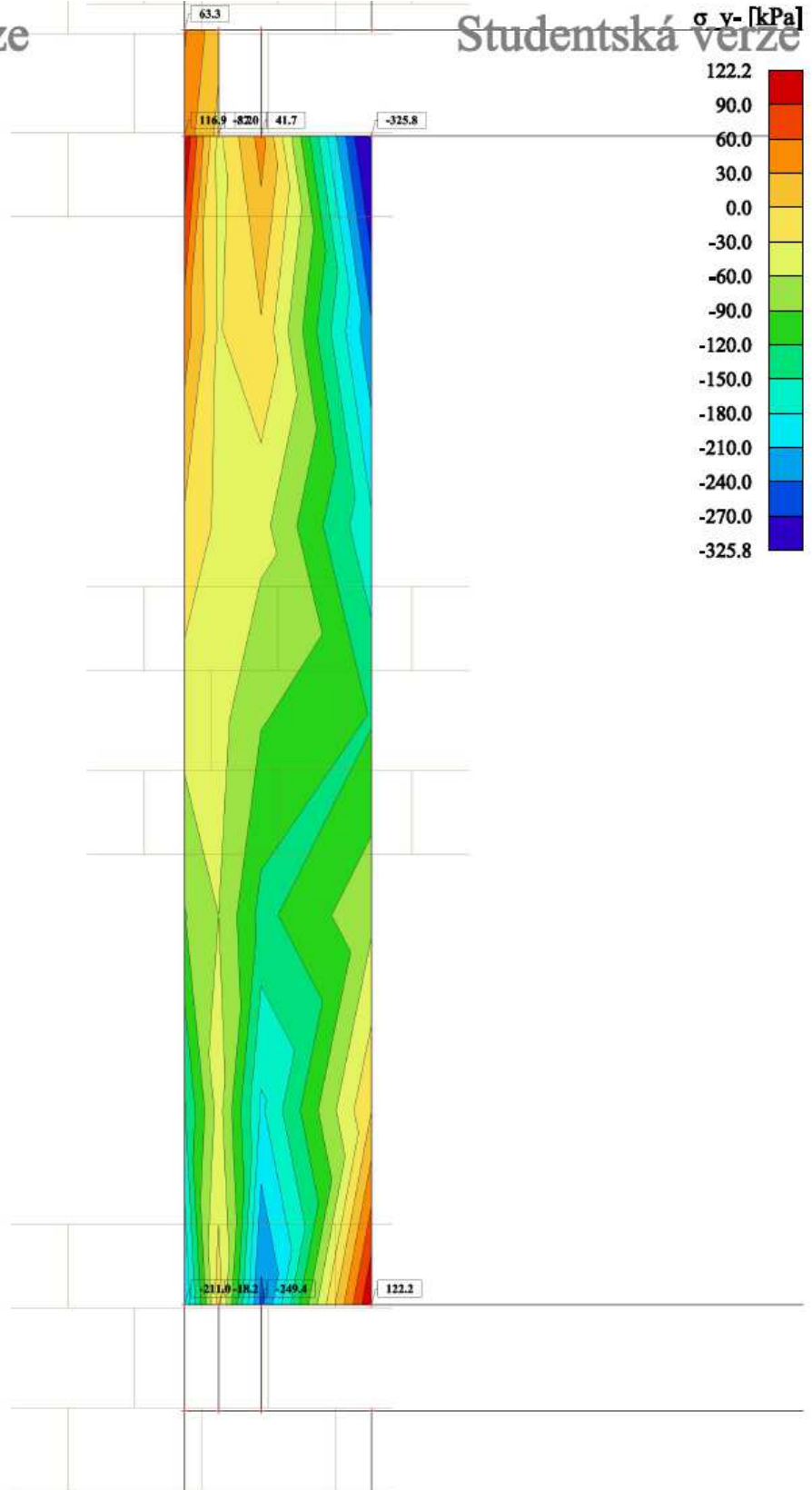
- e) Varianta 5 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 260 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnicí 80 mm a tepelnou izolací 100 mm

Obrázek č. 140: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]



Obrázek č. 141: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

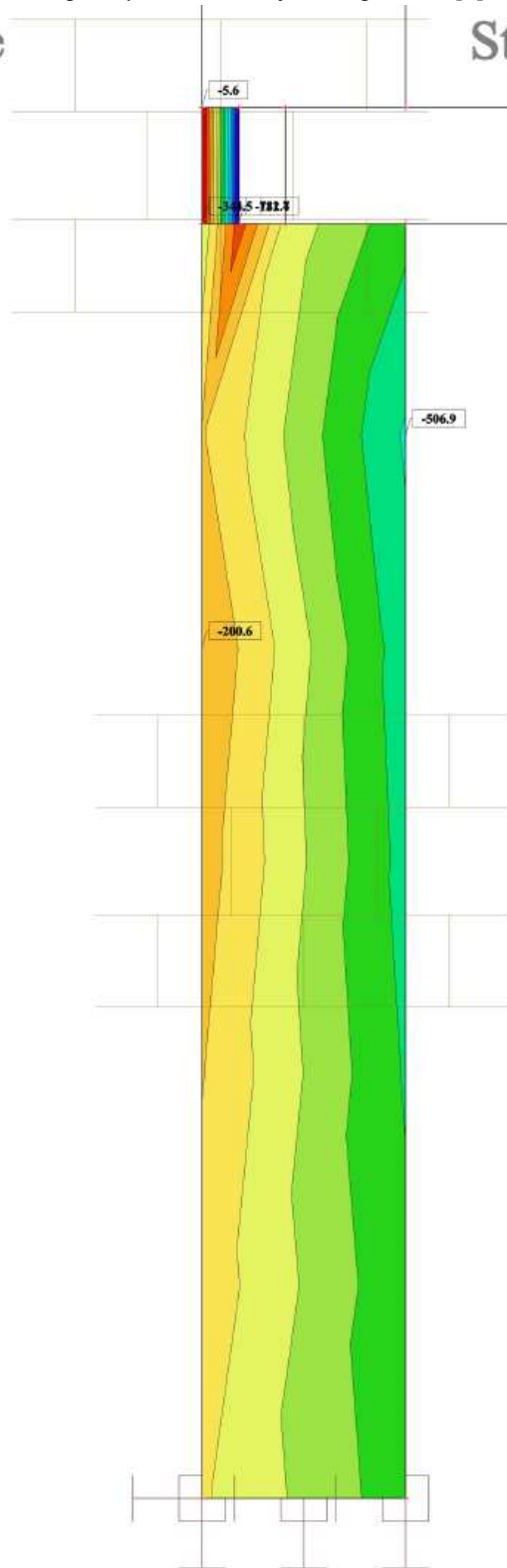
Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Author : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

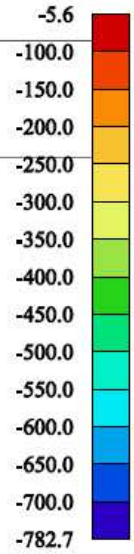
Printed : 22.04.2024 13:57

Obrázek č. 142: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze σ_y [kPa]



Studentská verze

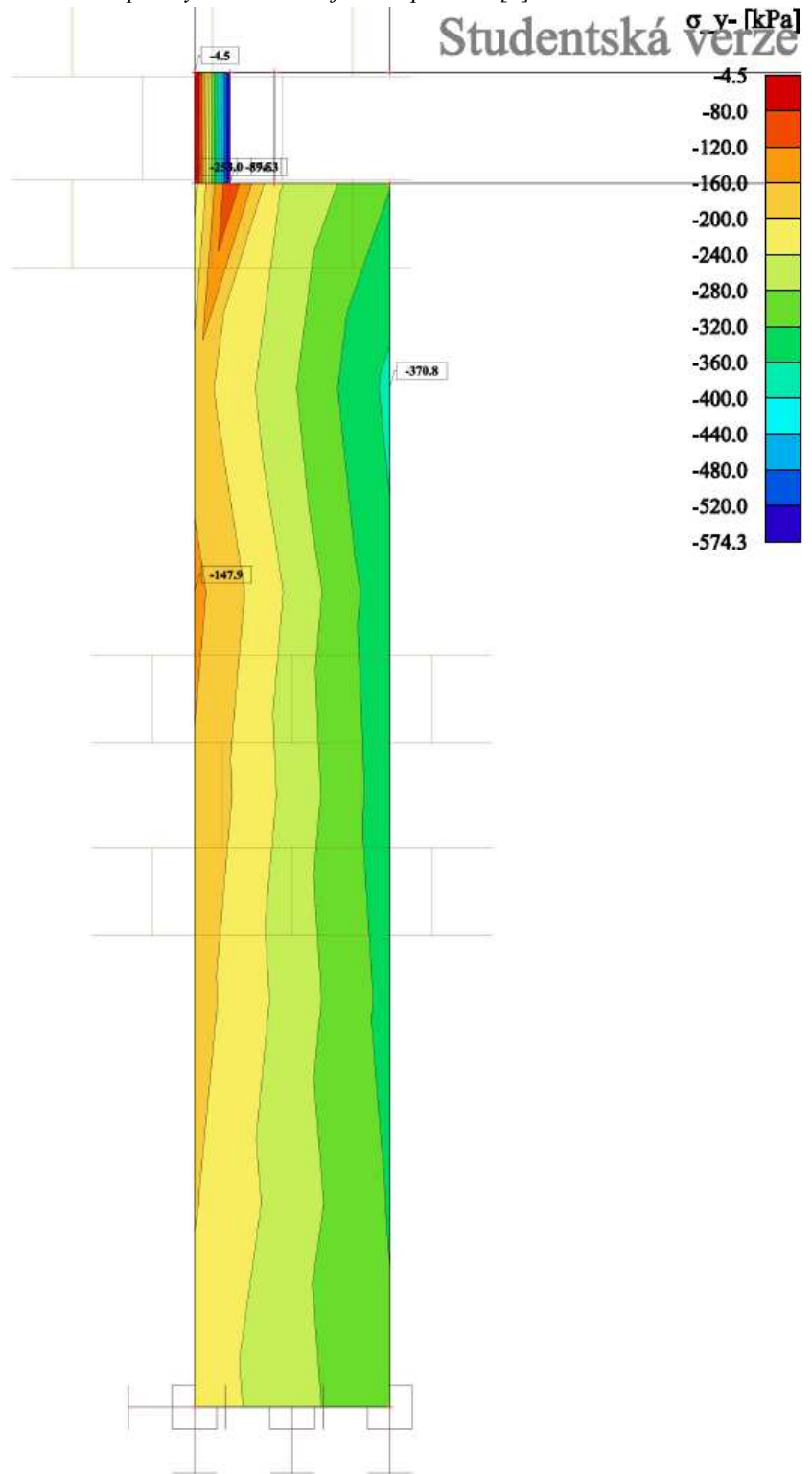
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:58

Obrázek č. 143: Varianta 5 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných autostavb Author: Bc. Nikola Soukupová

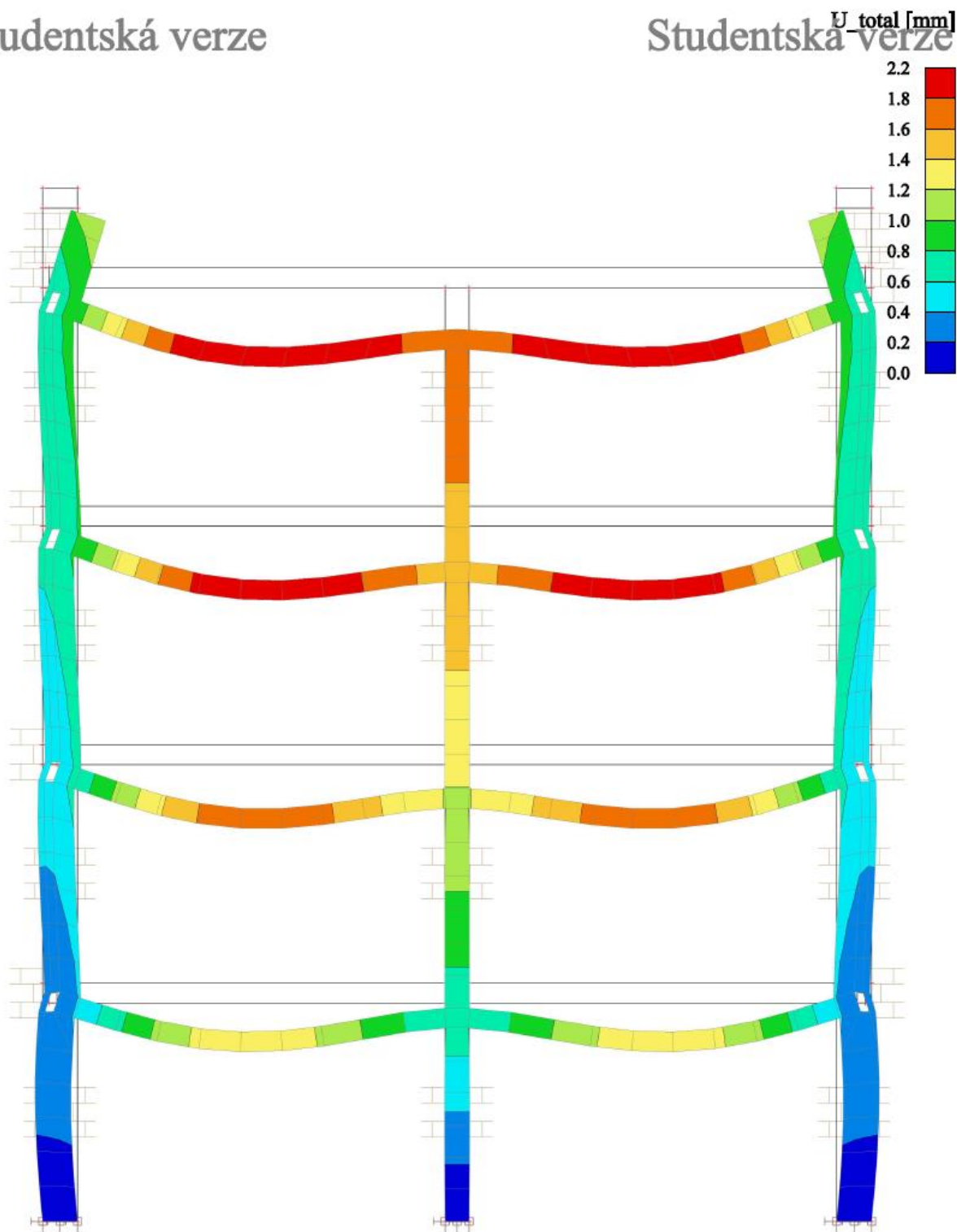
Studentská verze

Printed: 22.04.2024 13:58

Obrázek č. 144: Varianta 5 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

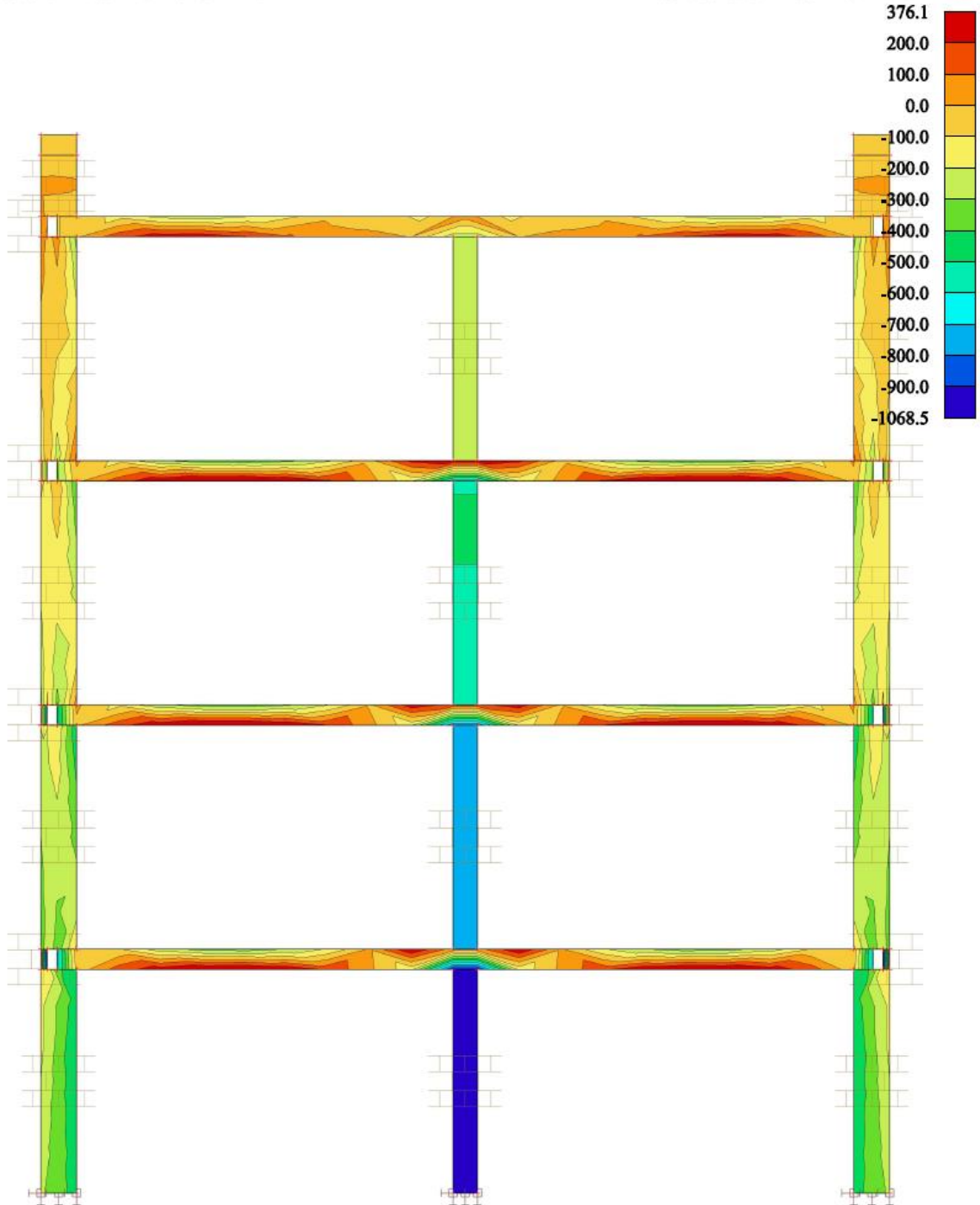
Printed: 27.03.2024 13:35

- f) Varianta 6 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 240 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnicí 80 mm a tepelnou izolací 120 mm

Obrázek č. 145: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



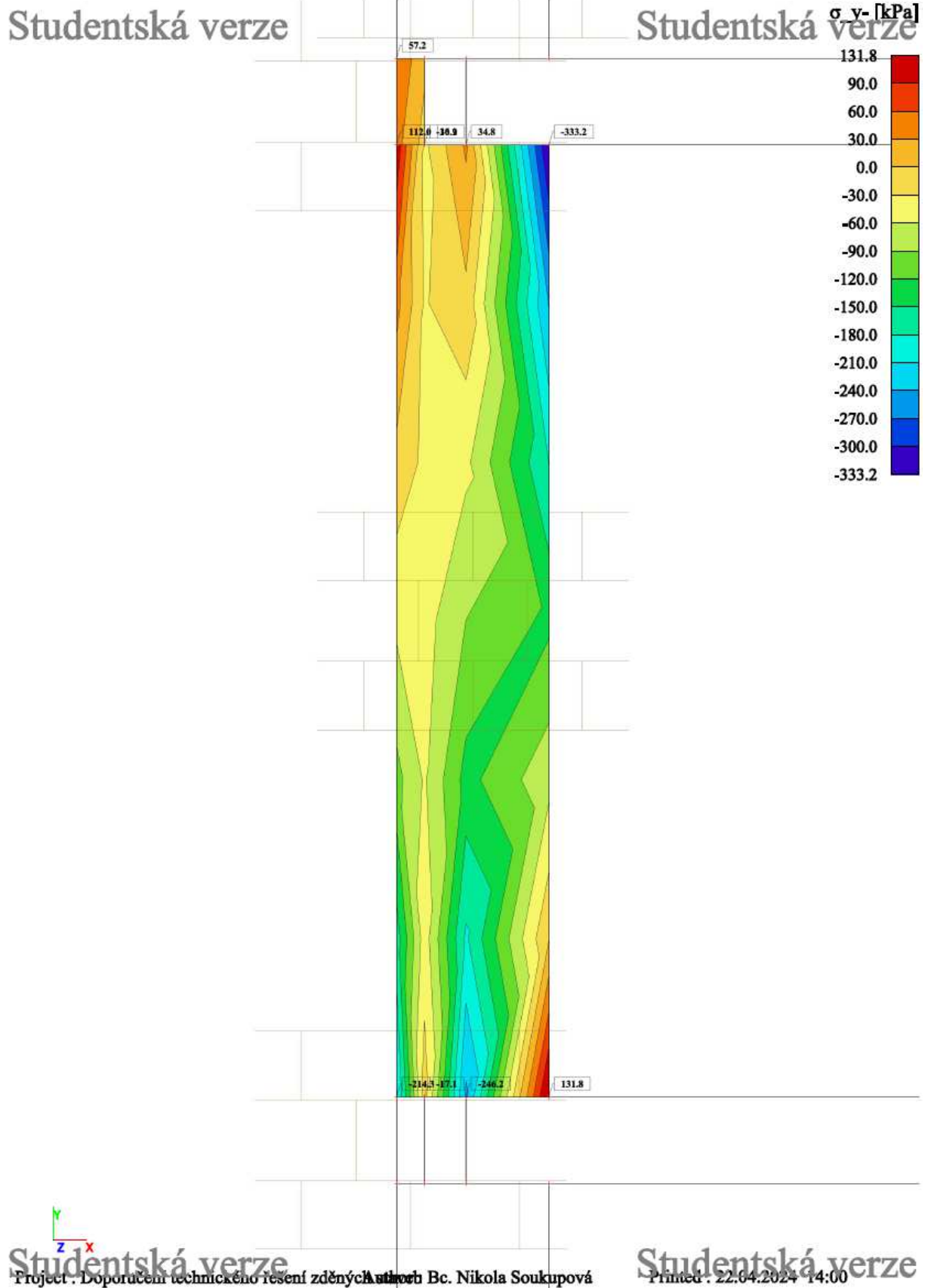
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

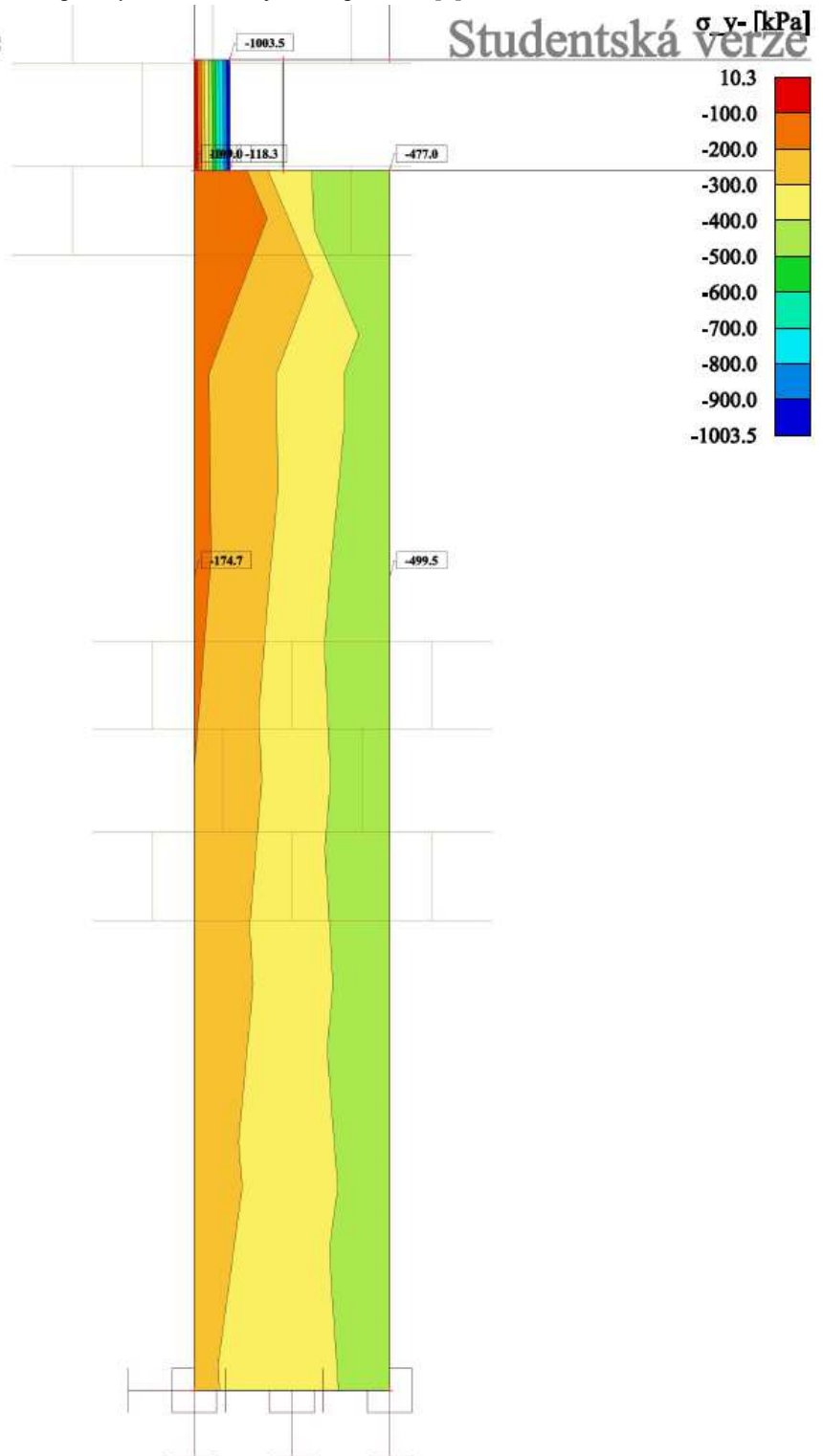
Printed: 22.04.2024 13:59

Obrázek č. 146: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Obrázek č. 147: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze σ_y [kPa]

Studentská verze

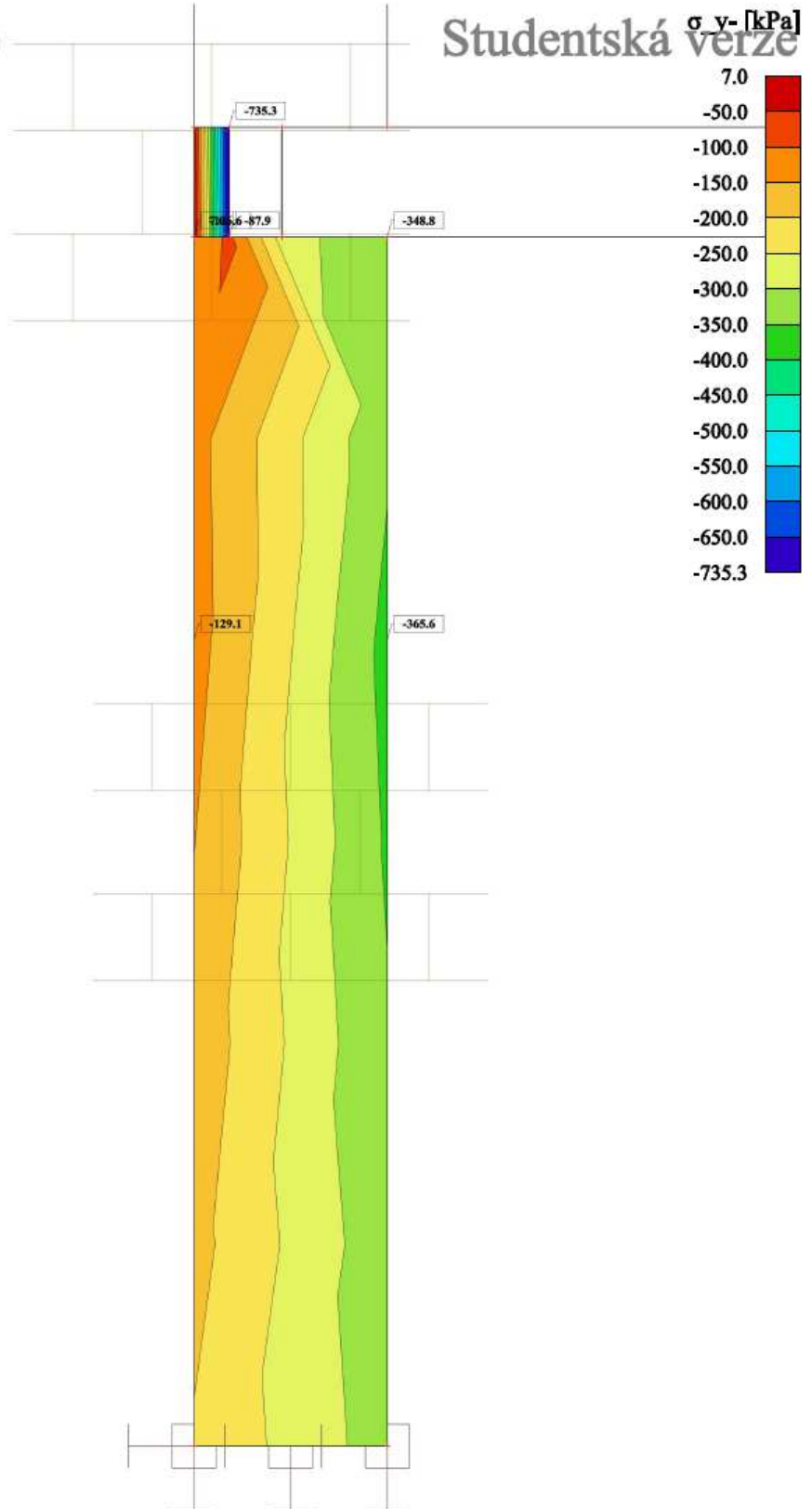
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:01

Obrázek č. 148: Varianta 6 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



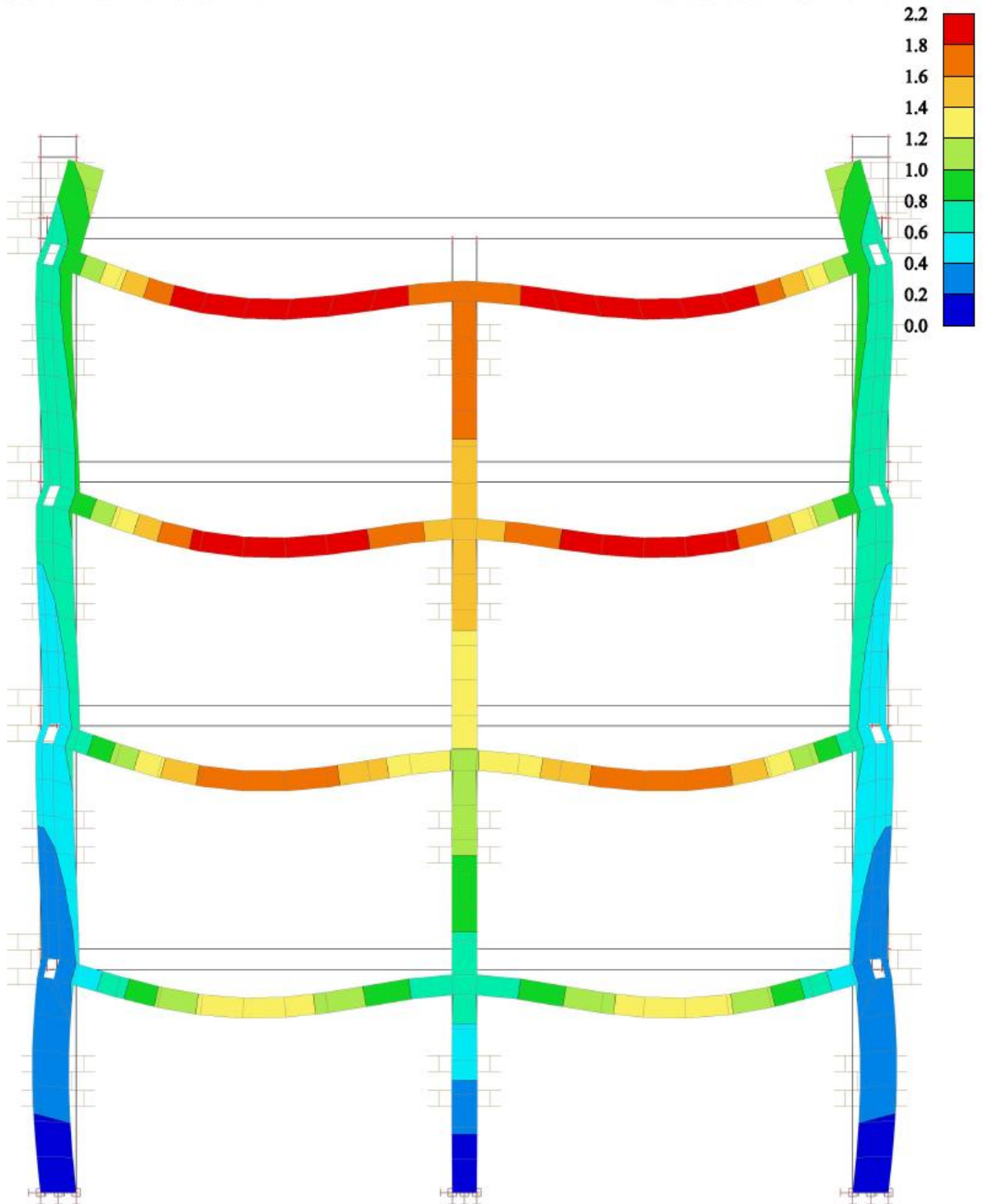
Studentská verze

Studentská verze

Obrázek č. 149: Varianta 6 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

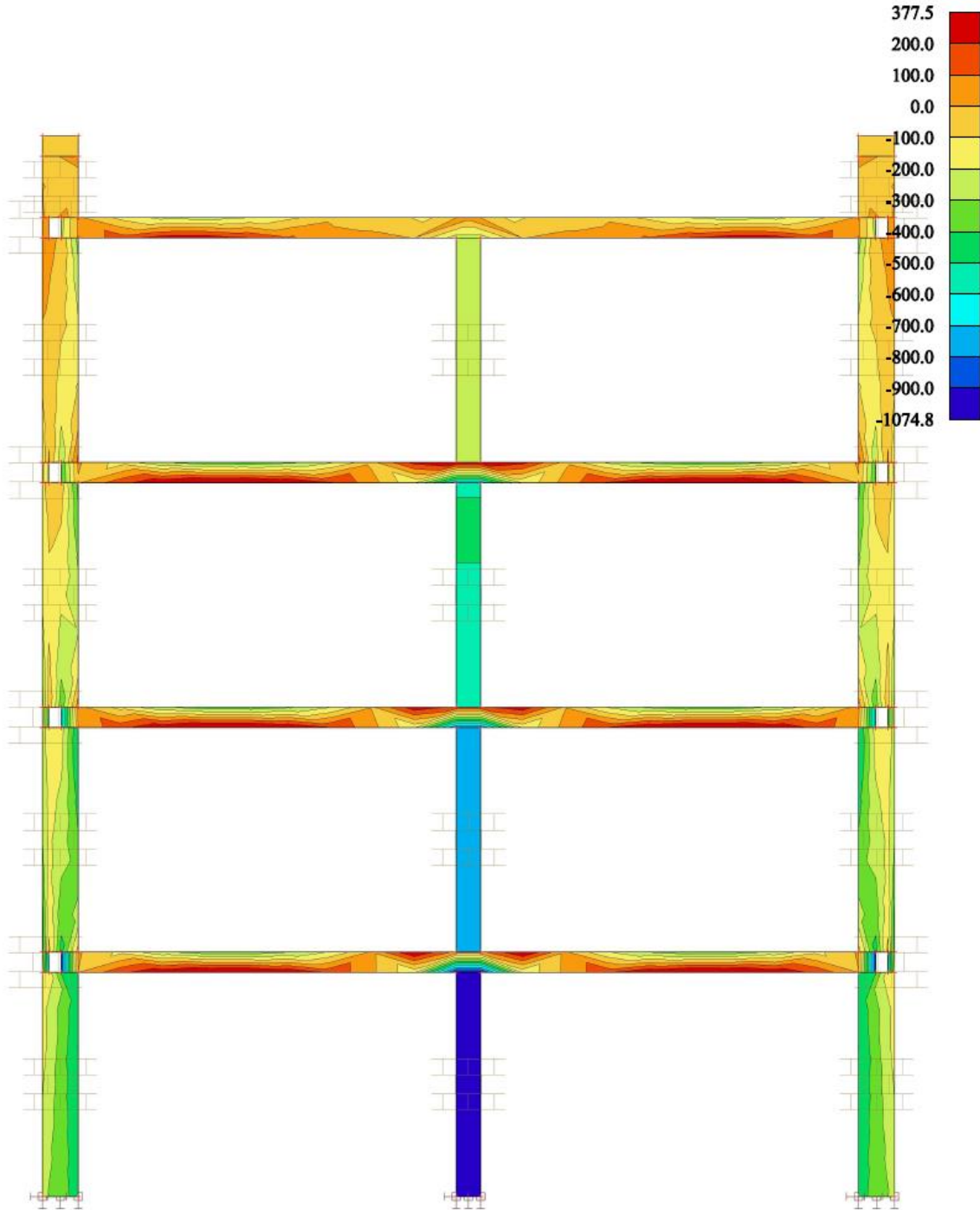
Printed: 27.03.2024 14:21

- g) Varianta 7 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 210 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnicí 80 mm a tepelnou izolací 150 mm

Obrázek č. 150: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



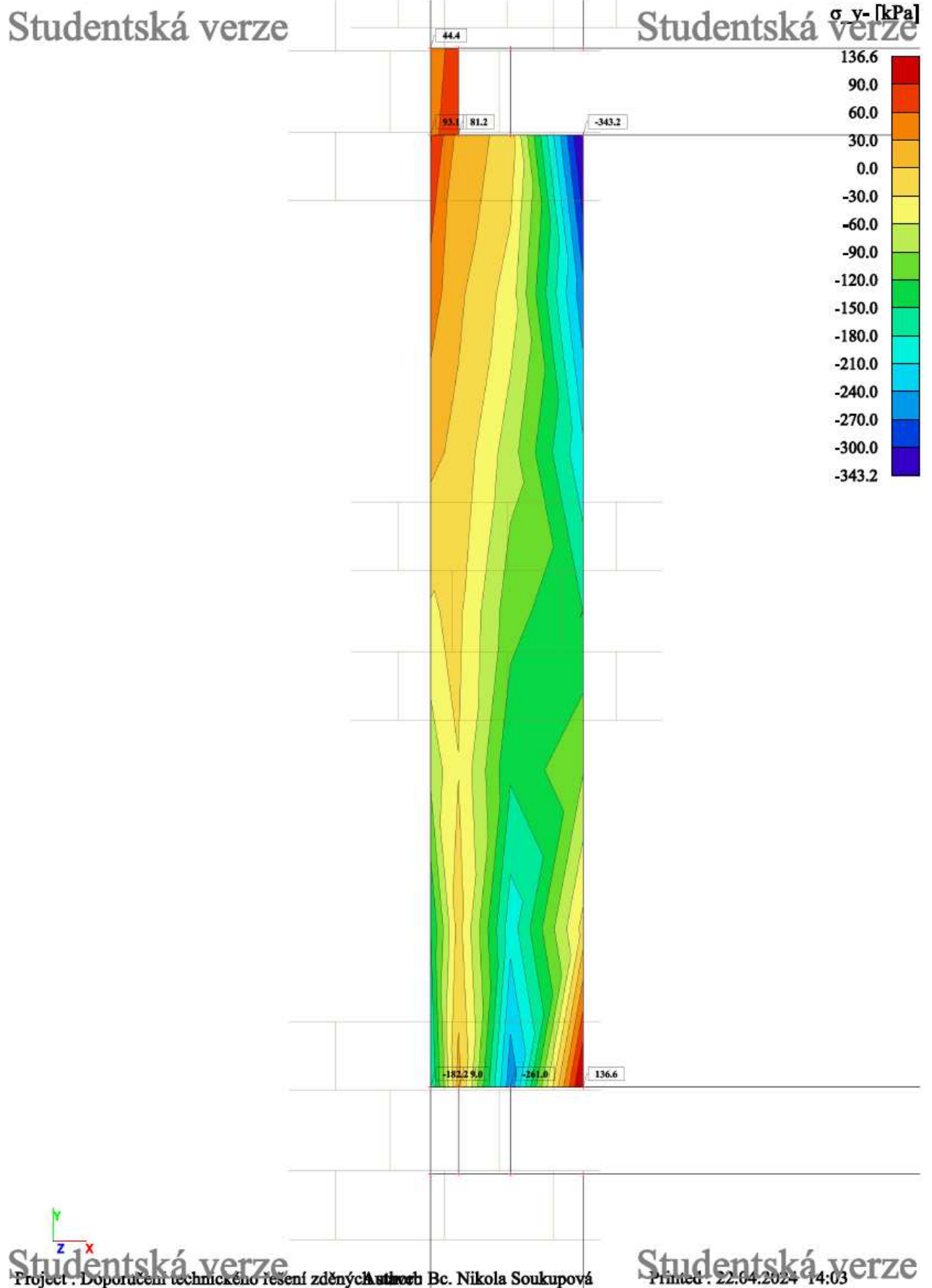
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:05

Obrázek č. 151: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Studentská verze

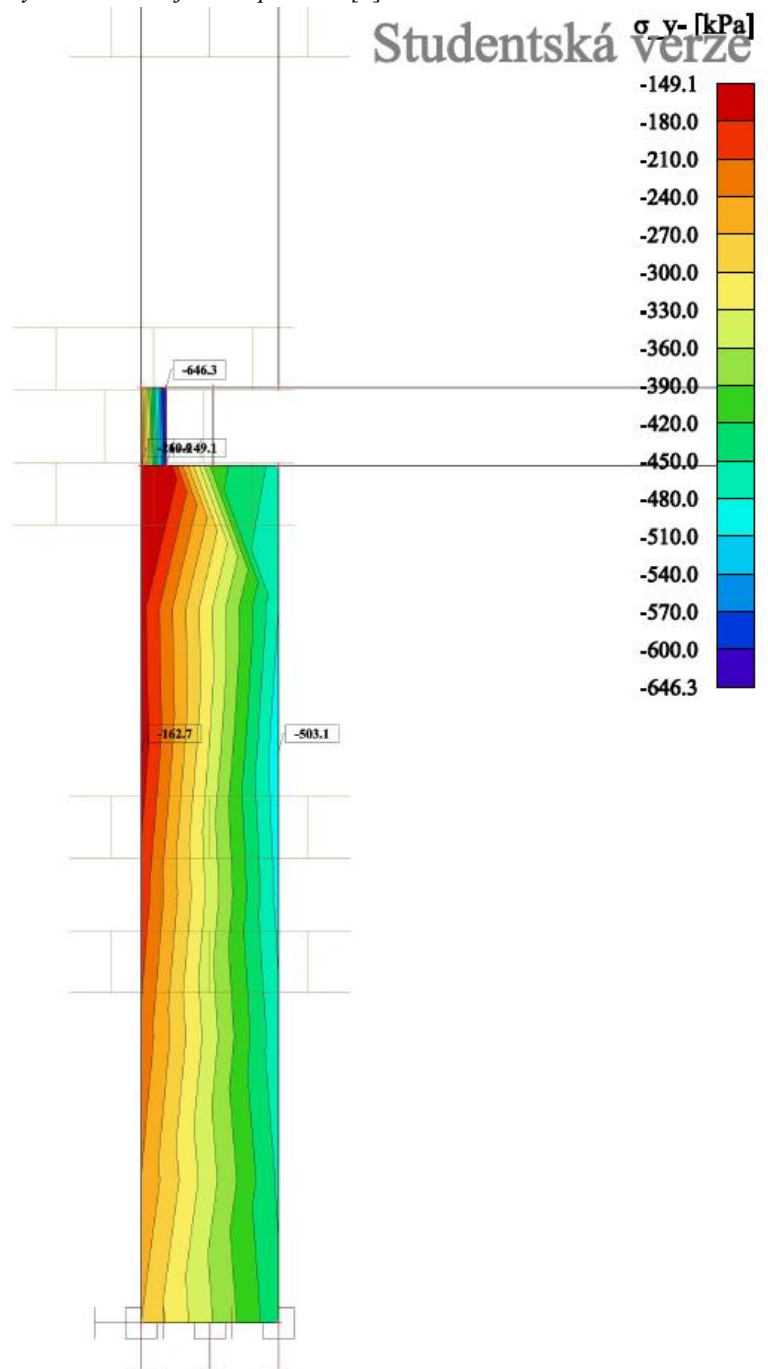
Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Author : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 22.04.2024 14:03

Obrázek č. 152: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

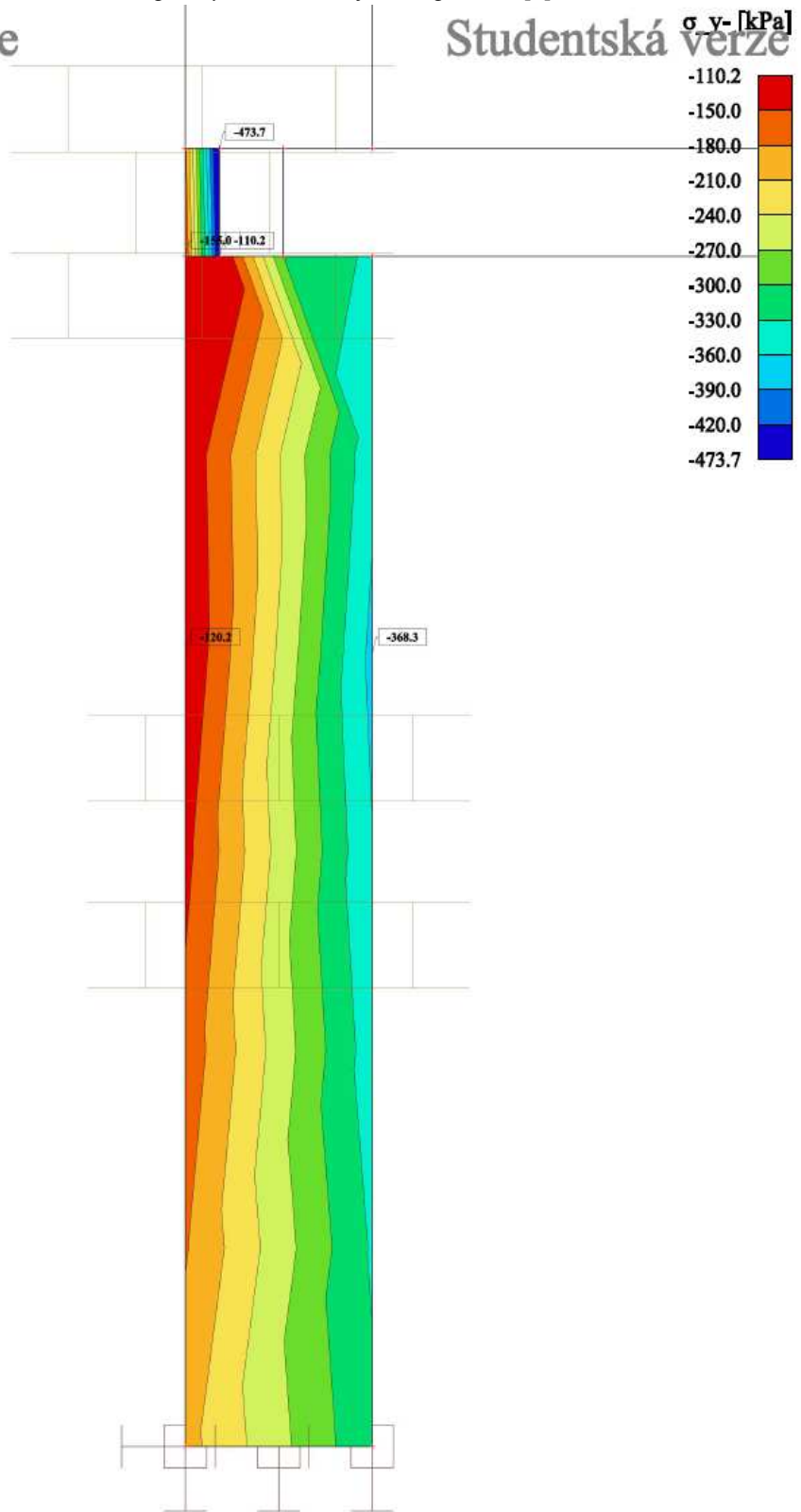
Studentská verze



Obrázek č. 153: Varianta 7 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

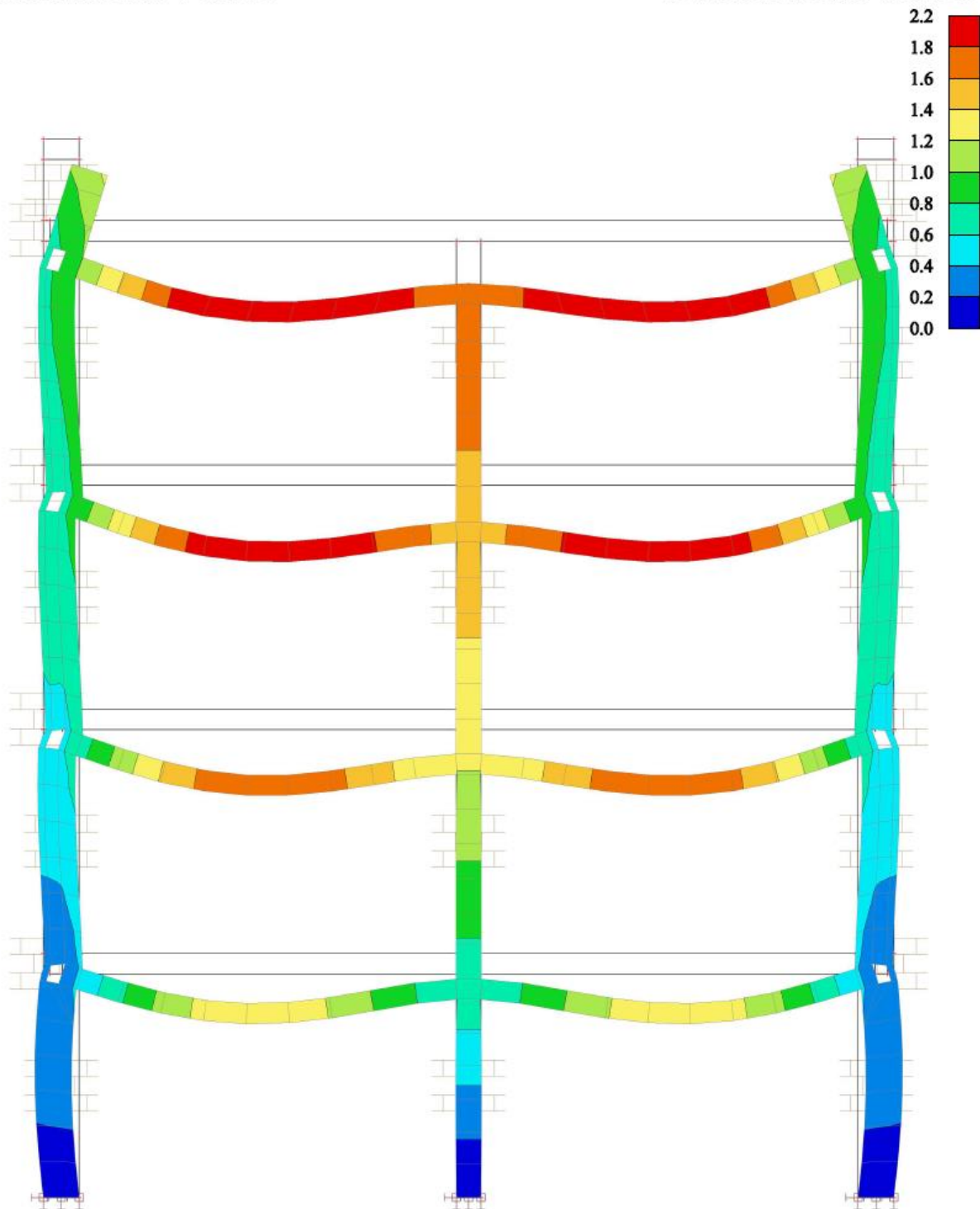
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Printed: 22.04.2024 14:05

Obrázek č. 154: Varianta 7 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze U_{total} [mm]



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

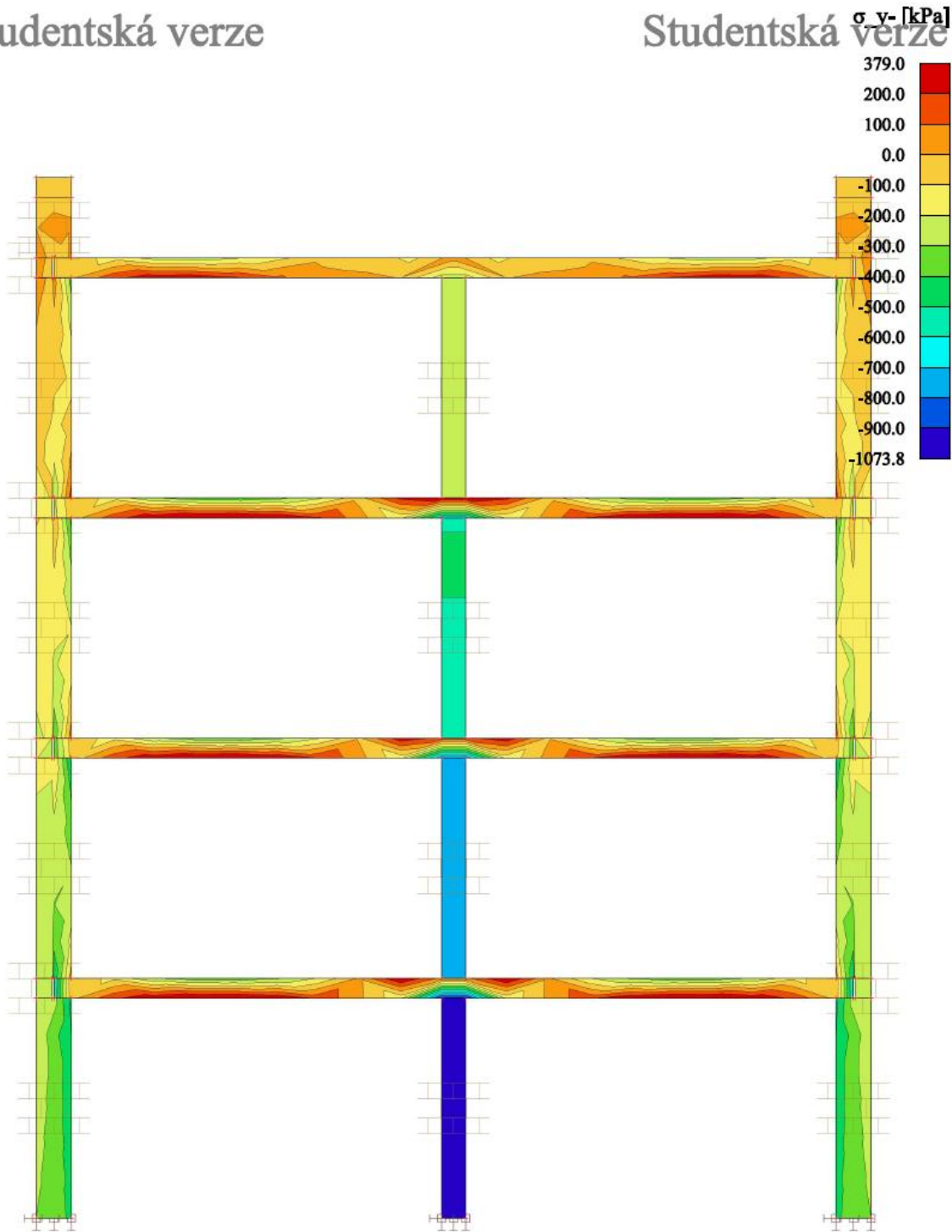
Printed: 27.03.2024 15:08

- h) Varianta 8 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 220 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnici 200 mm a tepelnou izolací 20 mm

Obrázek č. 155: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



Studentská verze

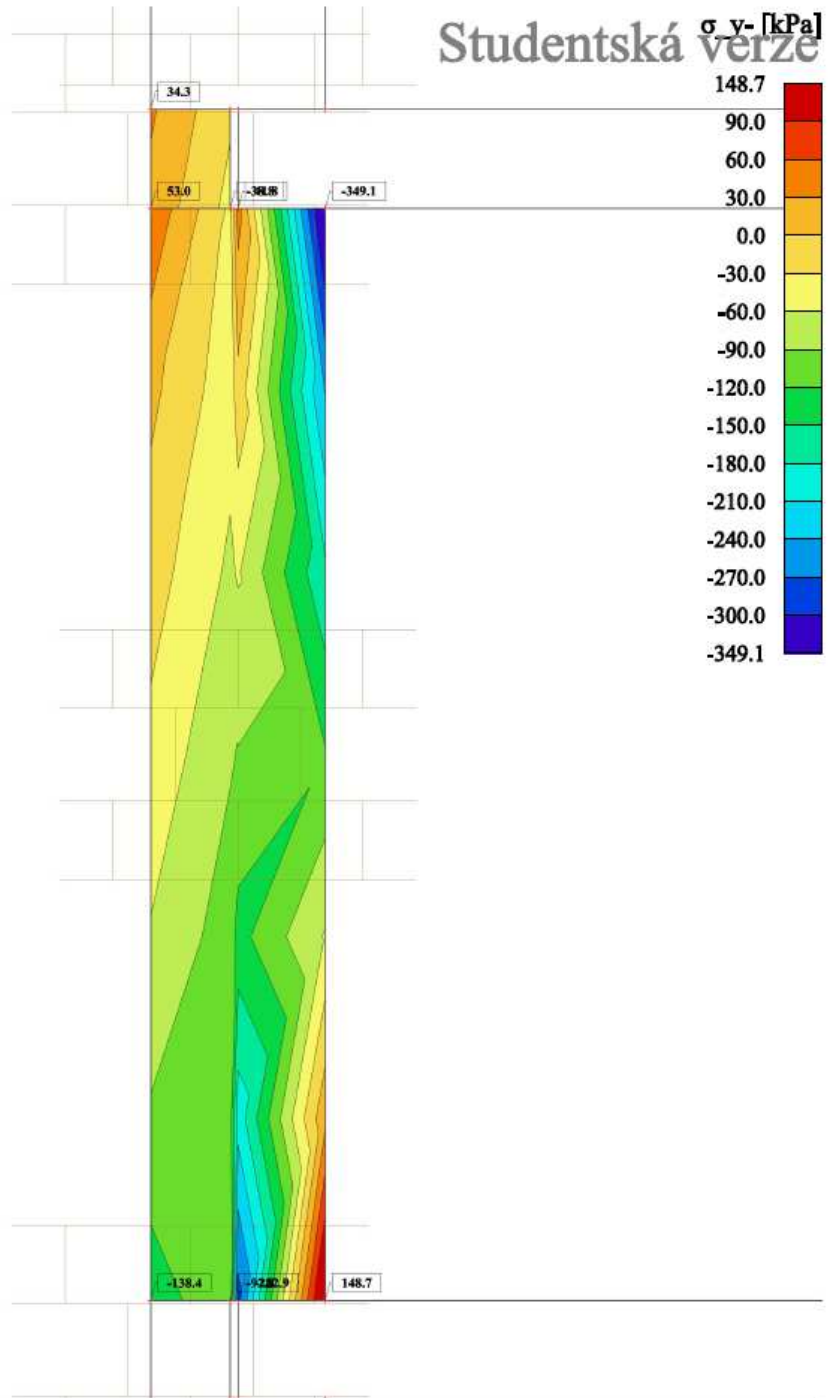
Project - Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:10

Obrázek č. 156: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

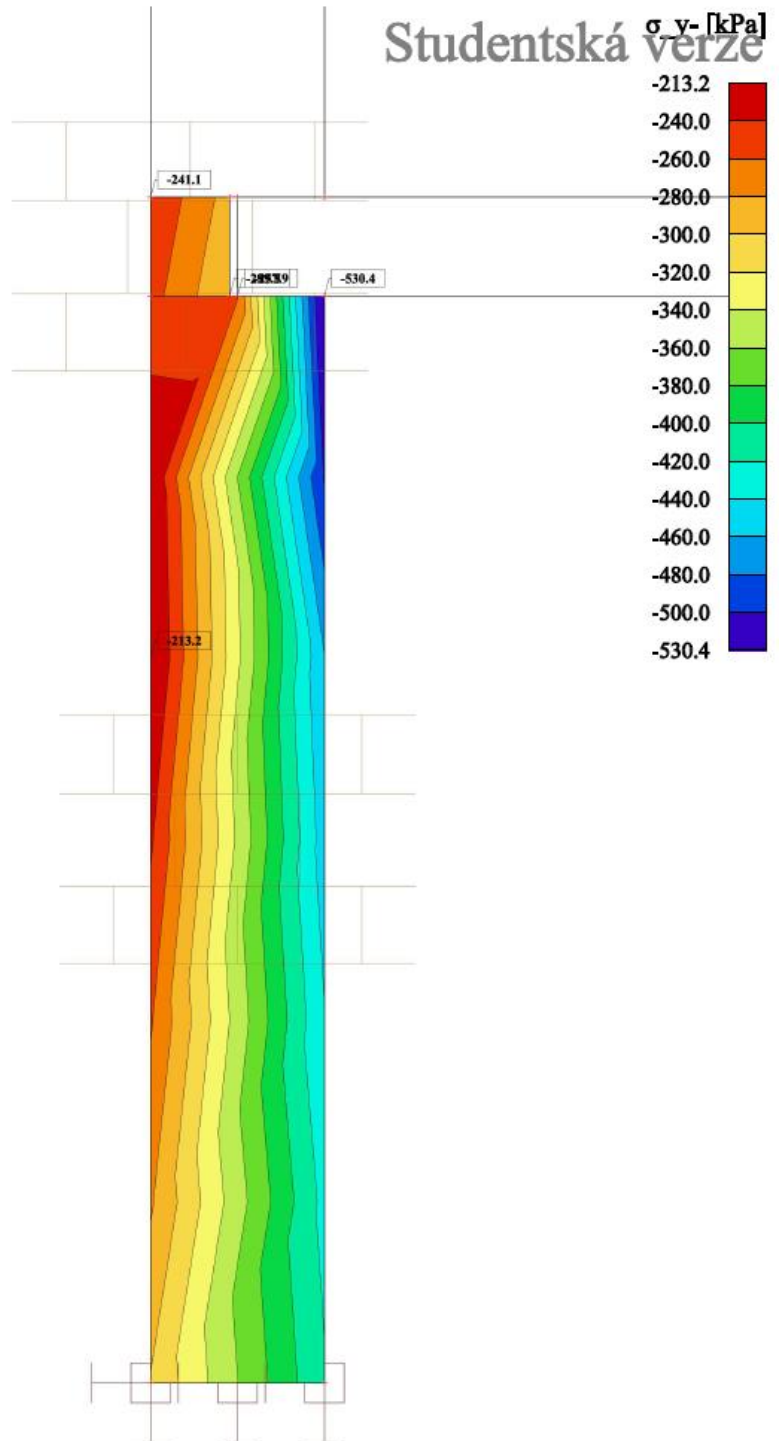
Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 22.04.2024 14:07

Obrázek č. 157: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

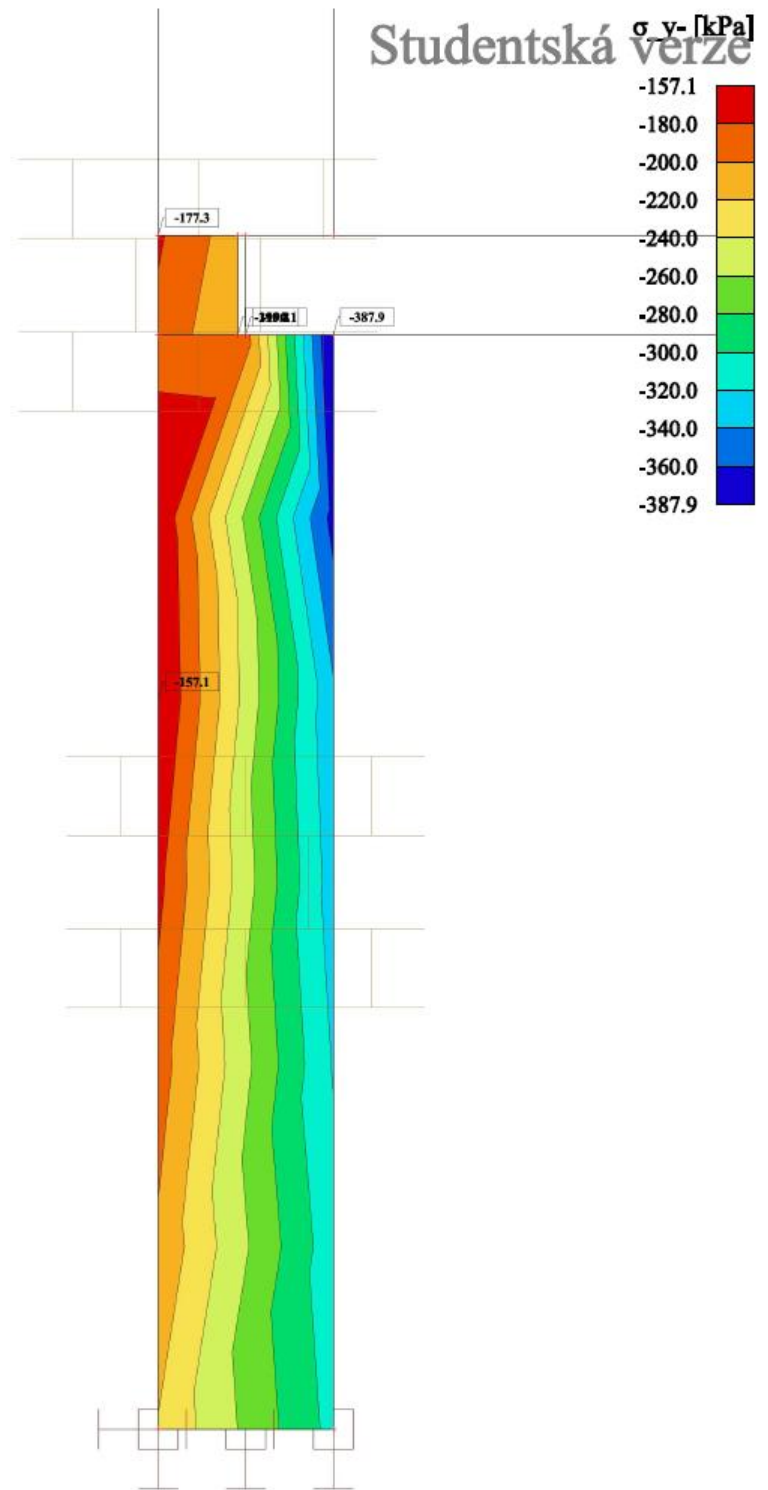
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:08

Obrázek č. 158: Varianta 8 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

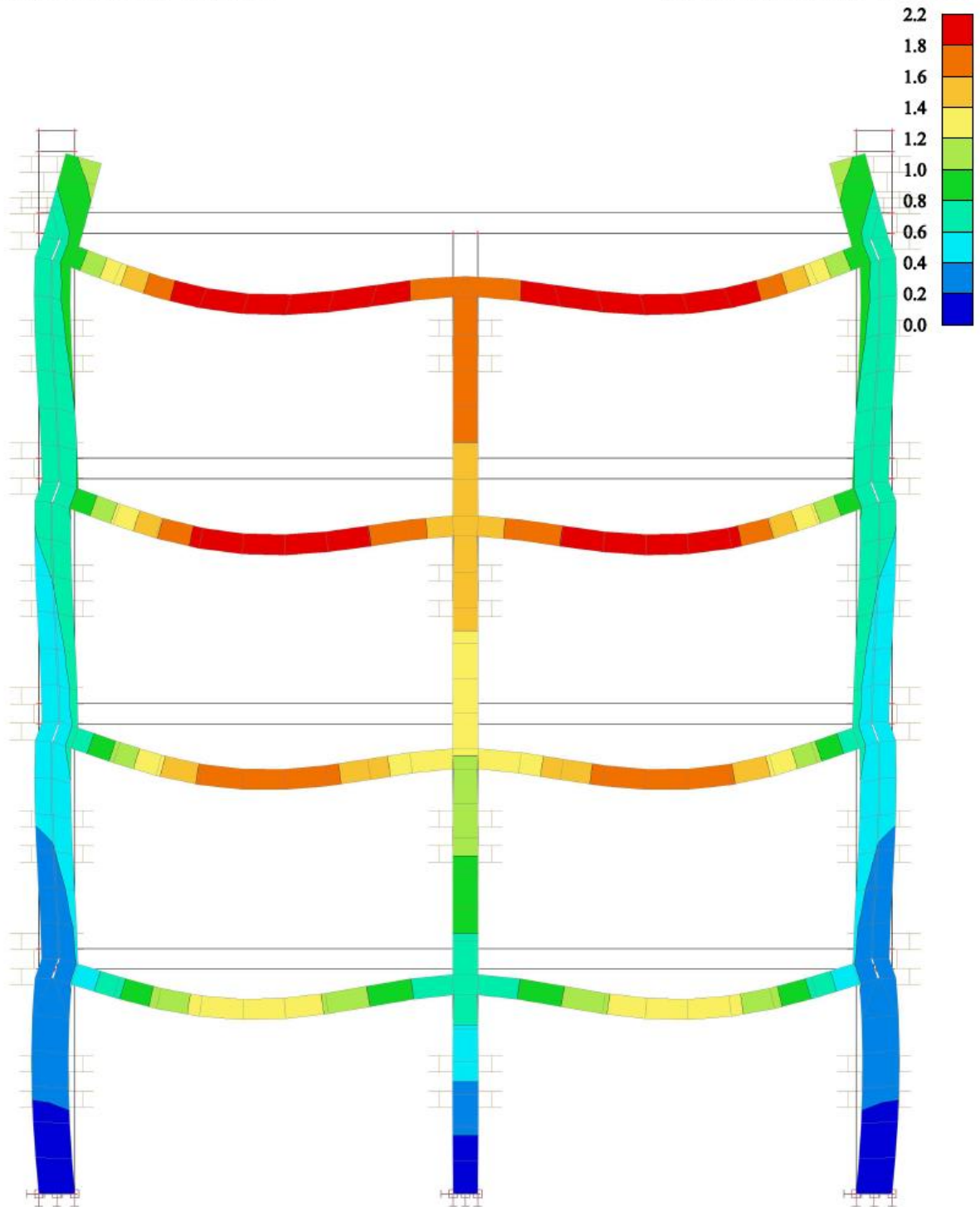
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze Printed: 22.04.2024 14:09

Obrázek č. 159: Varianta 8 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných ústřech Author : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

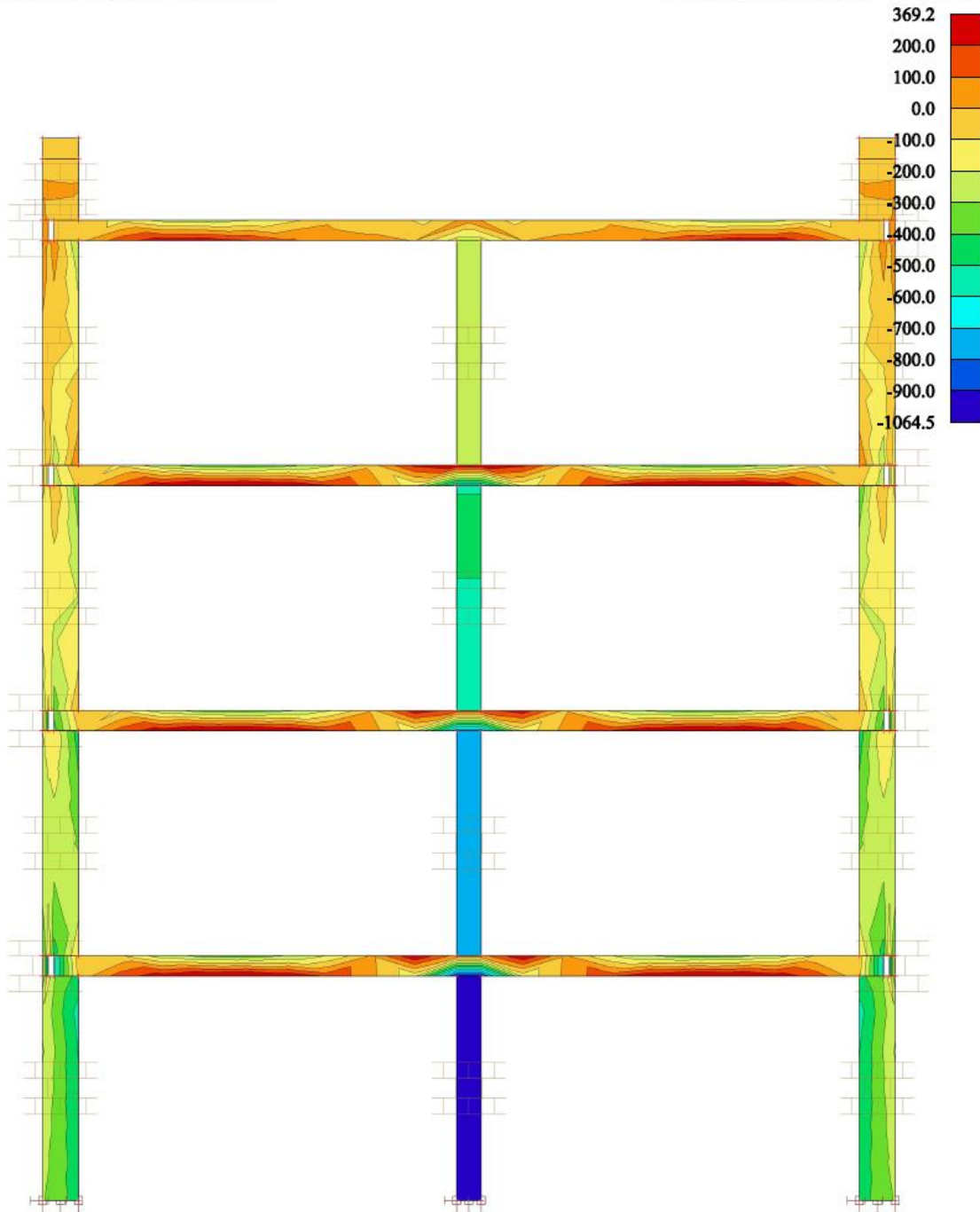
Printed : 26.03.2024 17:34

- i) Varianta 9 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 300 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnicí z betonu 70 mm a tepelnou izolací 70 mm

Obrázek č. 160: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



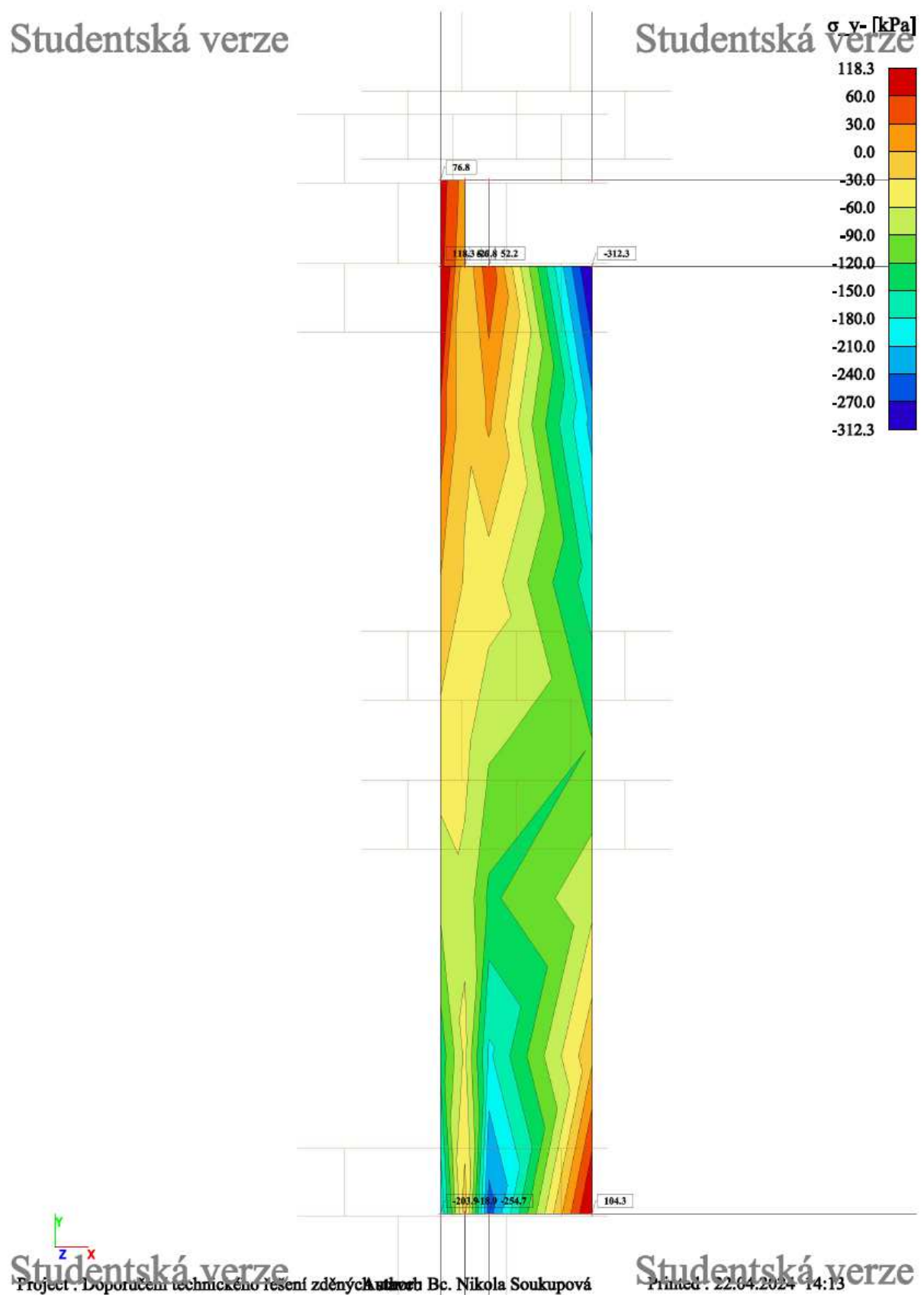
Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

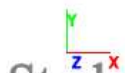
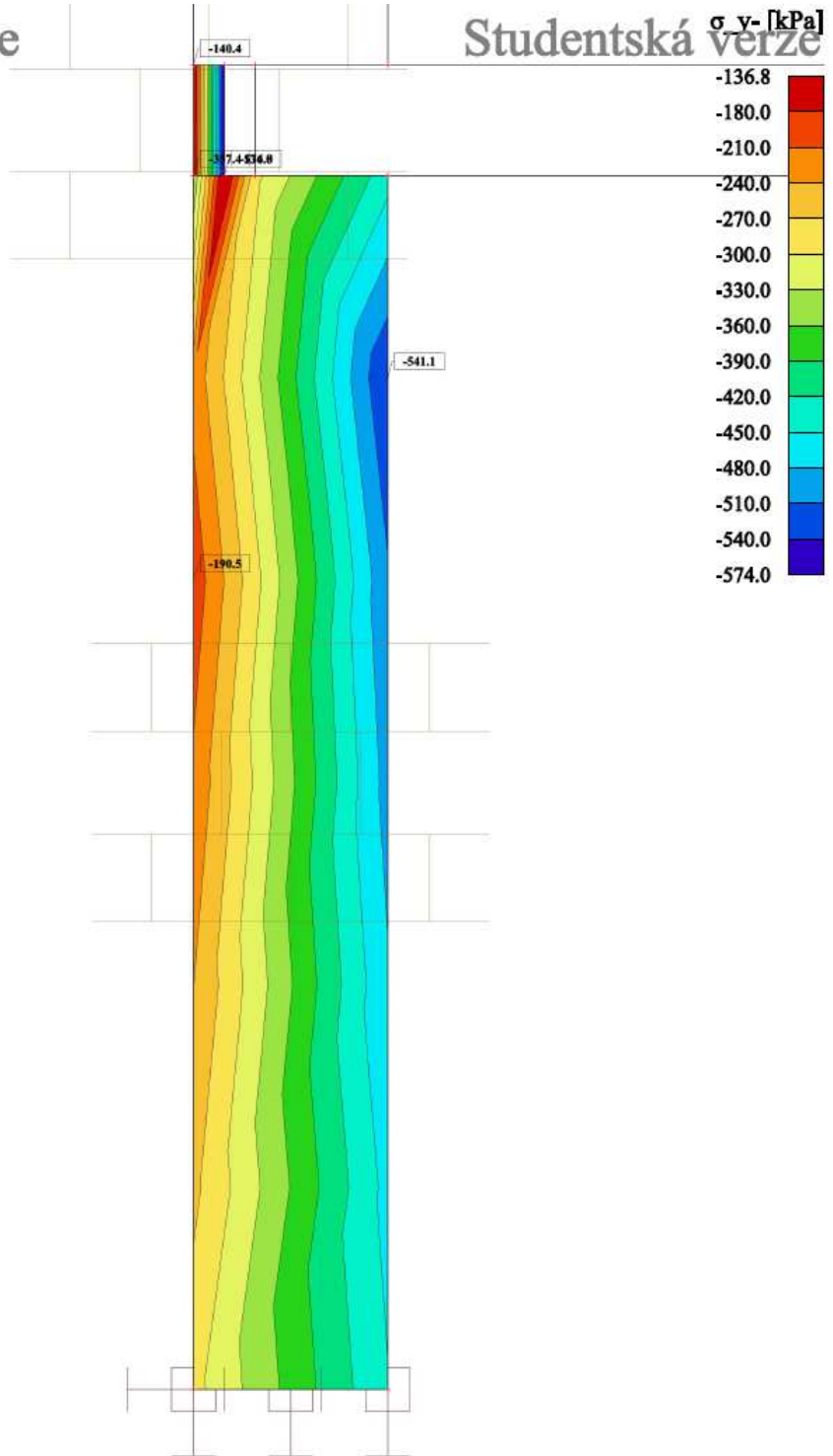
Printed : 22.04.2024 14:11

Obrázek č. 161: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Obrázek č. 162: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



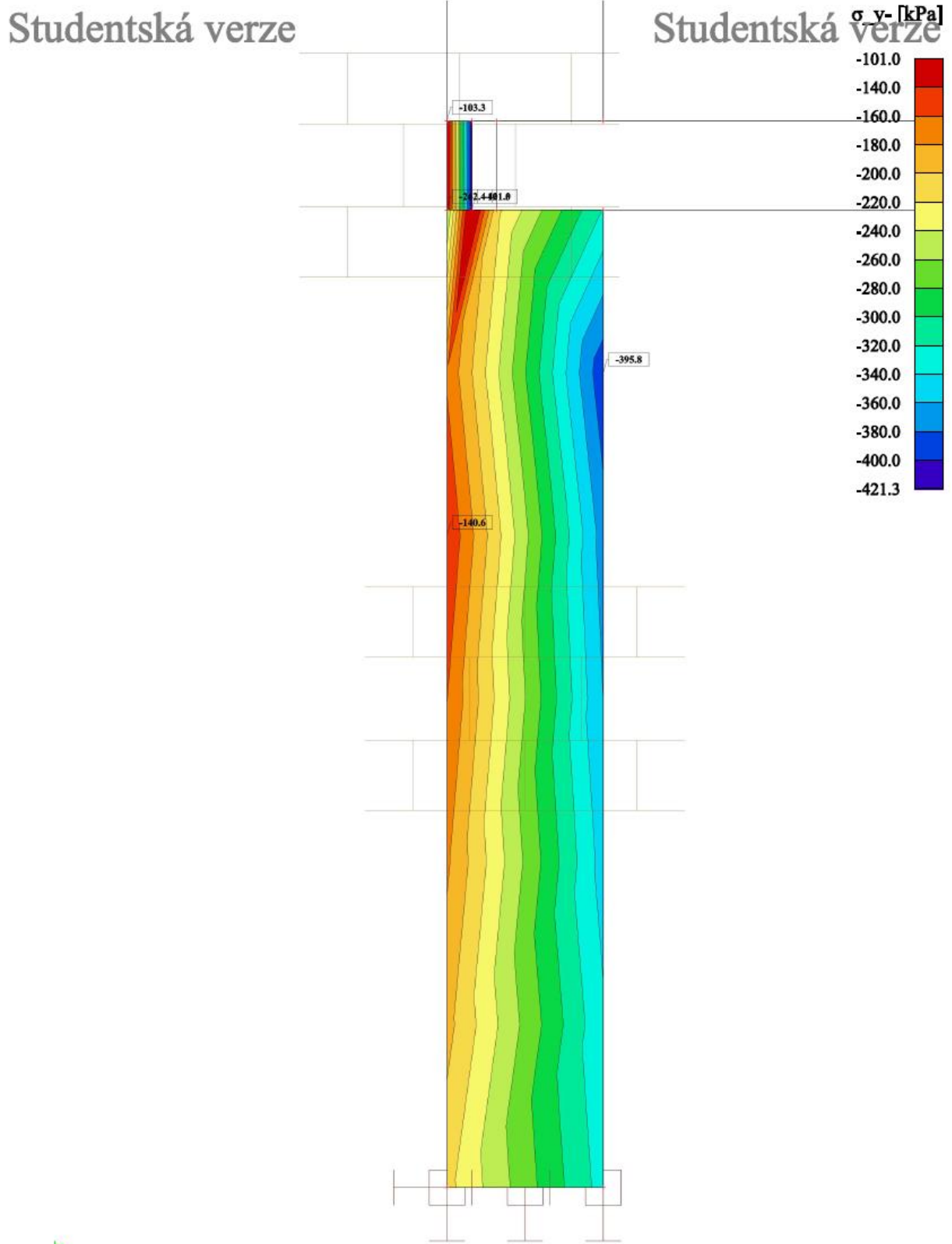
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Autor: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 22.04.2024 14:11

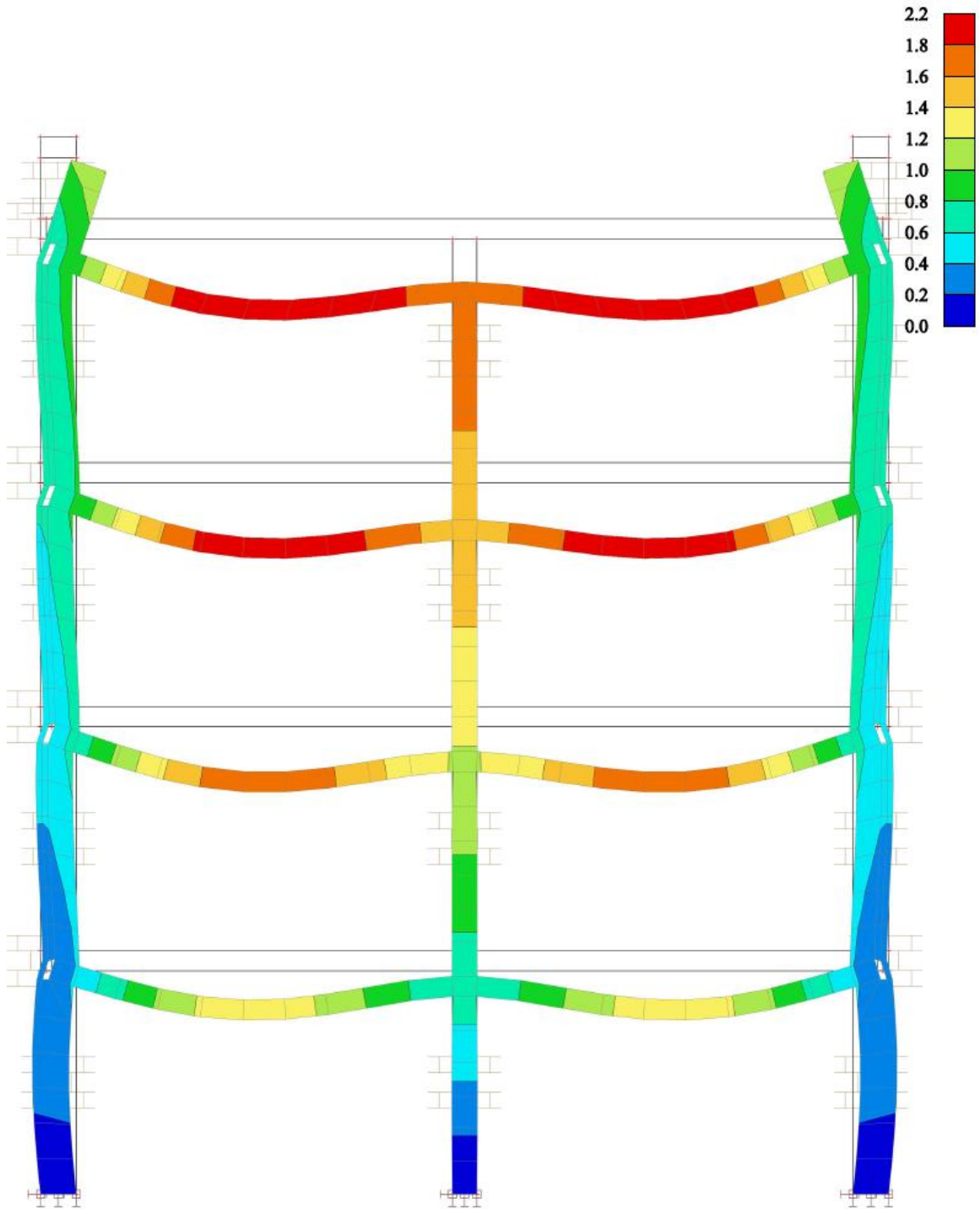
Obrázek č. 163: Varianta 9 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]



Obrázek č. 164: Varianta 9 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

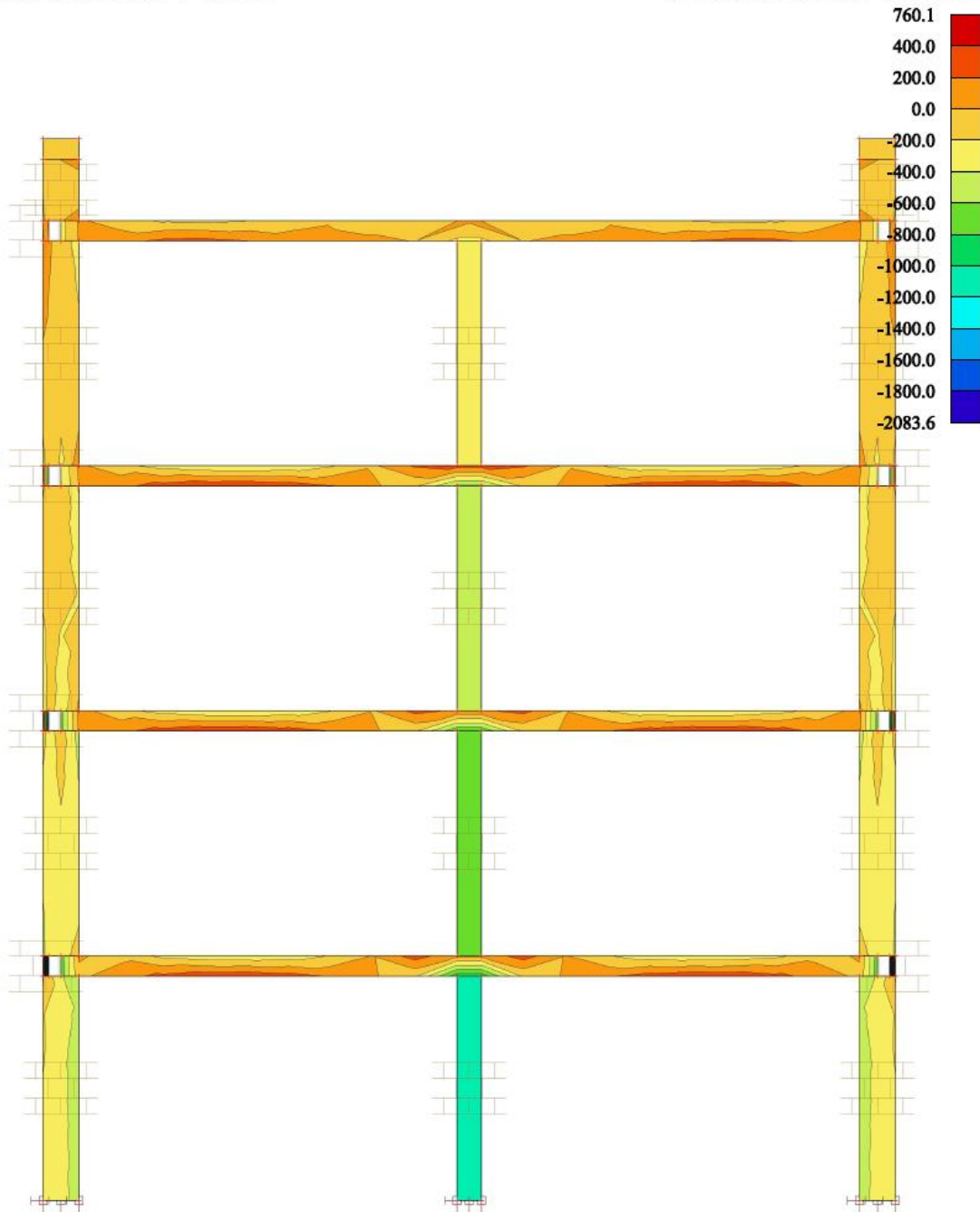
Printed: 26.03.2024 17:58

- j) Varianta 10 – uložení stropní konstrukce na část tloušťky stěny 220 mm s odskokem u vnějšího líce obvodové stěny s věncovou tvárnicí z betonu 70 mm a tepelnou izolací 150 mm

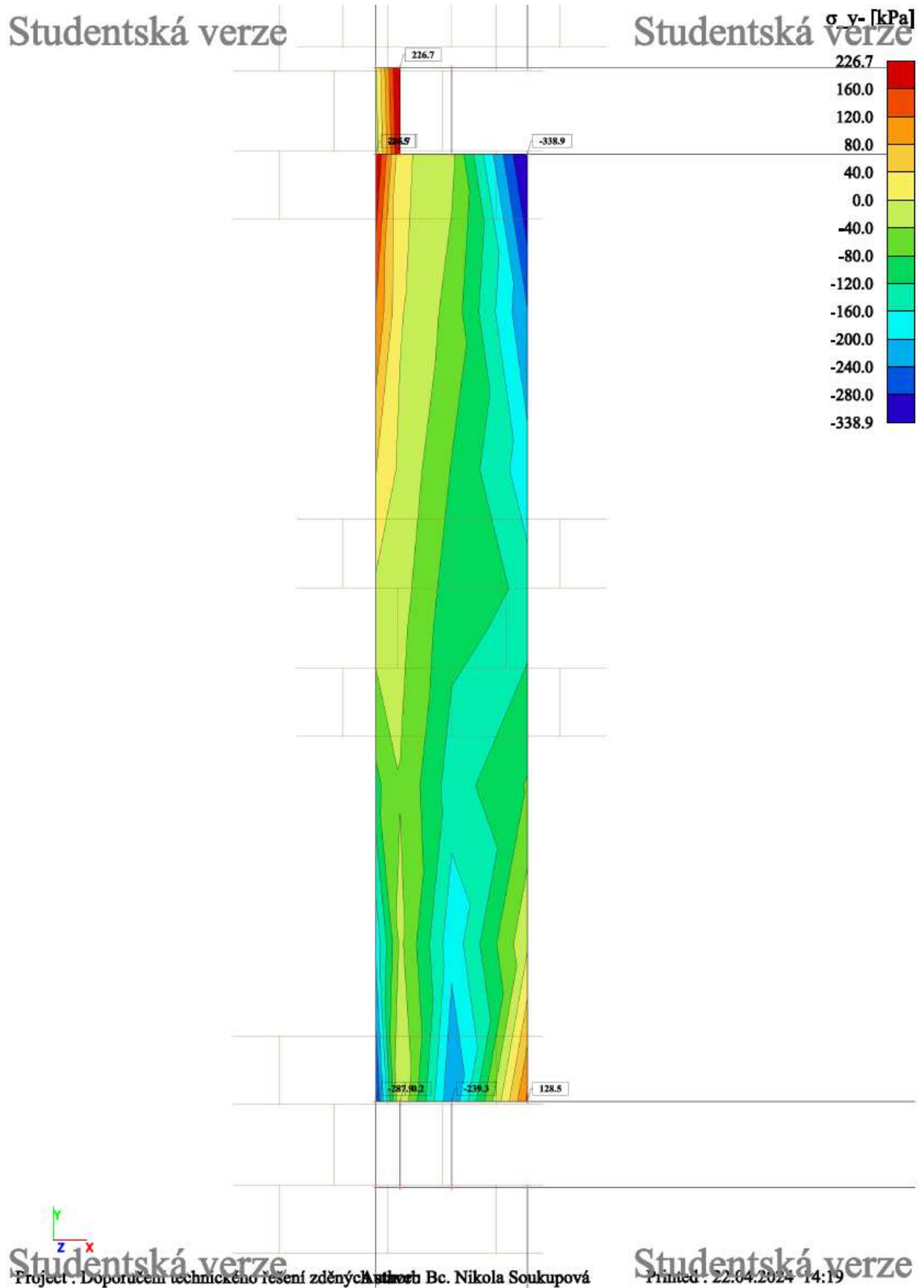
Obrázek č. 165: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze σ_y [kPa]



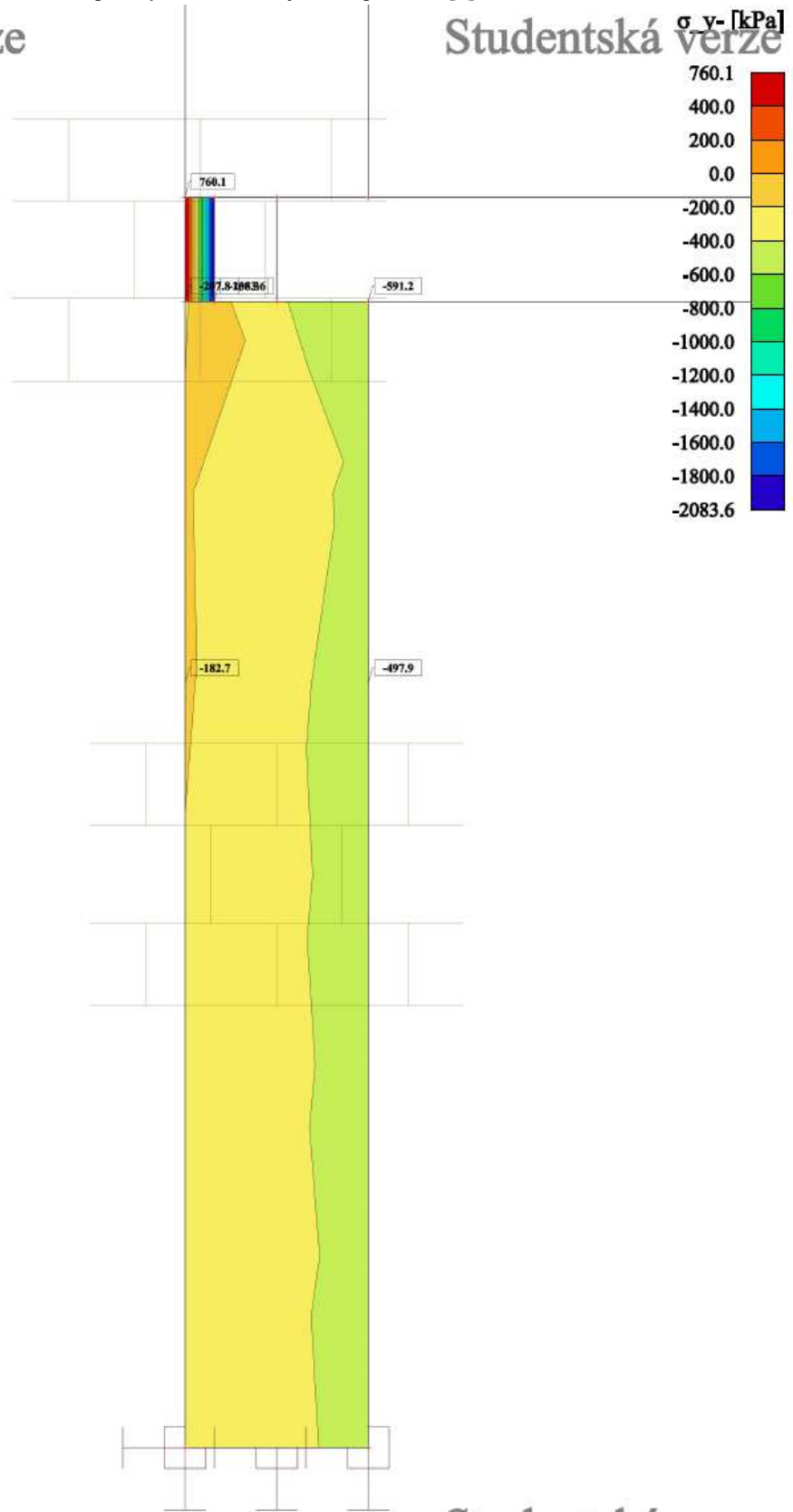
Obrázek č. 166: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Obrázek č. 167: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

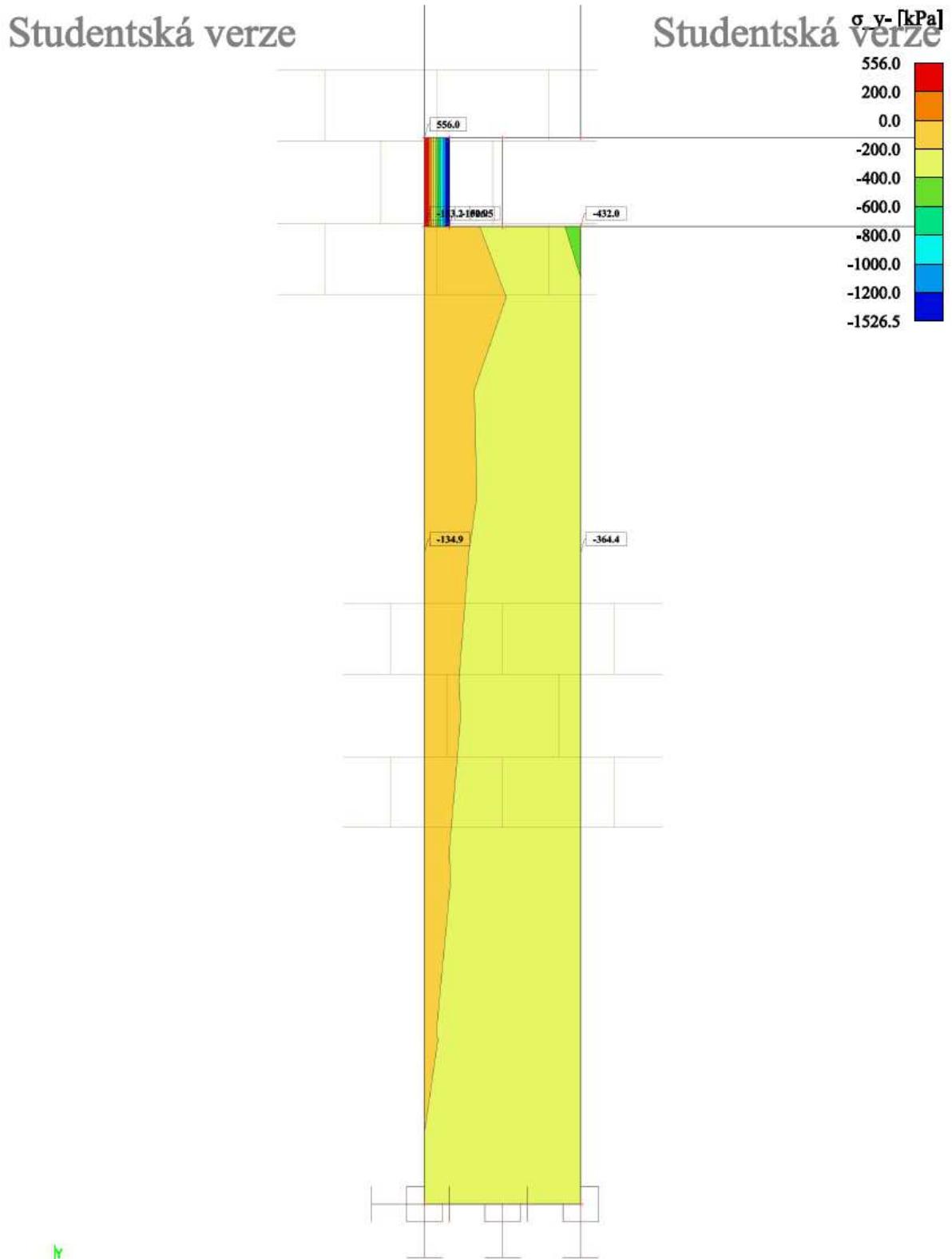
Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

Obrázek č. 168: Varianta 10 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]



Studentská verze

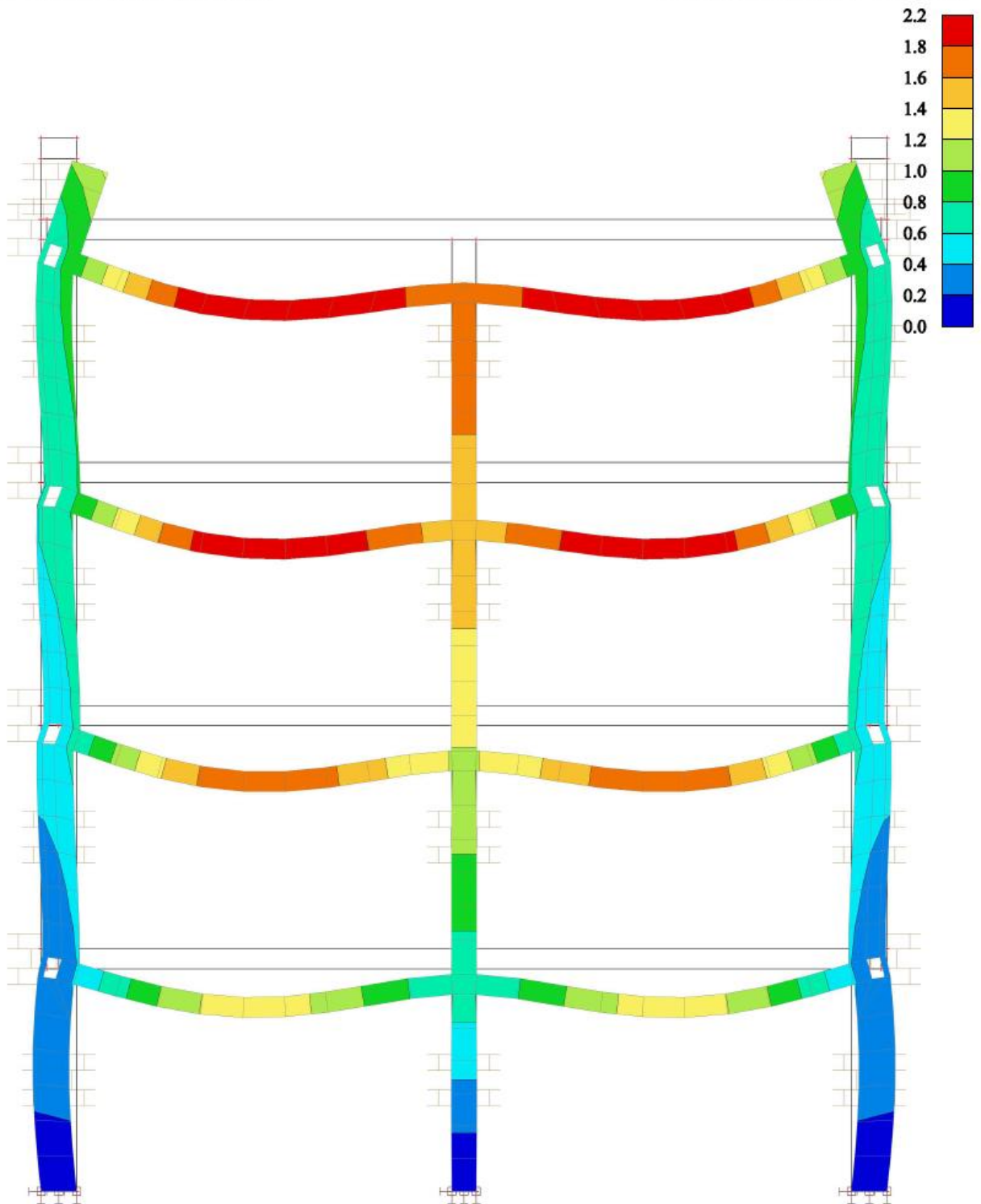
Project: Doporučení technického řešení zděných stěn | Autor: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze
Printed: 22.04.2024 14:20

Obrázek č. 169: Varianta 10 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]

Studentská verze

Studentská verze U_{total} [mm]



Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze
Printed: 26.03.2024 20:16

Shrnutí výstupu z porovnání 10 různých variant finálního modelu pro styk stěny se stropní konstrukcí

Tabulka č. 5: Tabulka hodnot výsledného napětí σ_y ze statického výpočtu v Scia Engineer [1]

Tabulka hodnot výsledného napětí σ_y [kPa]												
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7	Varianta 8	Varianta 9	Varianta 10	Varianta 4
Nejvyšší podlaží		keramické tvárnice										
Věncová tvárnice	vnější líc	-	-	106,45	74,92	63,35	57,25	44,43	34,33	76,83	-24,55	61,23
	vnitřní líc	-	-	-7,78	-31,18	-37,04	-36,21	81,16	-38,82	5,56	226,74	-41,12
Zděná stěna	vnější líc	125,93	92,88	106,45	113,9	116,87	111,97	93,09	52,99	118,35	205,67	69,72
	vnitřní líc	-279,90	-304,16	-292,16	-315,78	-325,78	-333,22	-343,20	-349,13	-312,31	-338,94	-226,67
Nejnižší podlaží		pórobeton										
Věncová tvárnice	vnější líc	-	-	-332,25	-127,51	-5,57	10,35	-210,88	-241,11	-140,38	760,06	-137,41
	vnitřní líc	-	-	-15,13	-561,59	-782,70	-1003,5	-649,29	-299,75	-573,97	-2083,56	-730,34
Zděná stěna	vnější líc	-135,90	-51,13	-126,03	-190,57	-200,60	-174,75	-162,74	-213,22	-190,47	-182,68	-71,91
	vnitřní líc	-574,70	-658,08	-567,36	-532,98	-506,86	-499,49	-503,13	-530,40	-541,12	-591,23	-521,26

U varianty 1 – uložení na celou tloušťku stěny je výsledná tlaková síla konstantní po výšce stěny v nejnižším podlaží. Nejvíce a nejméně namáhaným místem je vnitřní a vnější horní líc této stěny, důvodem je ohyb stropní konstrukce vlivem spojitosti. Toto je patrné z přetvoření konstrukce. Pro variantu 2 je působení tlakové síly podobné jako u varianty 1 s tím rozdílem, že dochází k odlehčení vnějšího horního líce stěny vložением tepelné izolace. U vnitřního horního líce je viditelný náznak trojúhelníkového průběhu síly. Celkový výsledkový model varianty 3 ukazuje namáhání vložené věncové tvárnice, které je proměnné po výšce stavby – v nejvyšším podlaží je tvárnice tažena, v běžném podlaží je tvárnice ryze nenosným prvkem a v nejnižším podlaží je tvárnice tlačena. Tah v nejvyšší podlaží je způsoben nedostatečným přitížením od atiky a ohybovým namáháním stropní konstrukce. Oproti variantě 3 se statické chování u varianty 4 liší zvýšeným namáháním na věncové tvárnice přidáním tepelné izolace a krajních líců stěny.

U variant 5, 6 a 7 byla dále zvětšována tloušťka tepelné izolace pro vyrušení tepelného mostu v místě stropní konstrukce. S tloušťkou tepelné izolace dochází k posunu svislé síly k vnitřnímu líci věncové tvárnice. Napětí na vnitřním líci věncové tvárnice může být až 3krát větší než na jejím vnějším líci. Rozšiřováním tloušťky tepelné izolace také dochází ke zmenšení nosné plochy stropní konstrukce, která však přebírá většinu zatížení od horní stavby, a k vyvolání výstřednosti svislé síly od tíhy a zatížení stropní konstrukce. Vlivem výstřednosti dochází k soustředění síly na jednu či dvě řady zdíva na horním vnitřním okraji stěny v nejnižším podlaží. Toto tlakové namáhání má trojúhelníkový až lichoběžníkový průběh. Jelikož vnější okraj stěny je namáhán víceméně silou poloviční velikosti, mohlo by toto při přetížení stěny dojít k nadměrné deformaci až poruše nejvyšší řady zdících tvárnic. [1]

Varianta 8 využívá věncové tvárnice s šířkou 200 mm, u které je patrné vhodnější rovnoměrné rozložení tlakové síly na tvárnici. Primárně nosná plocha železobetonové stropní konstrukce však opět činí pouze 1/2 celkové tloušťky zděné stěny a způsobuje značnou výstřednost svislé síly od stropní konstrukce mimo střední osu stěny, která vyvolá soustředěné namáhání vnitřního líce stěny s přibližně trojúhelníkovým průběhem. Varianty 9 a 10 znázorňují průběh vnitřního napětí pro varianty 4 a 7 s využitím věncové tvárnice z betonu. Z výsledků je patrné, že věncová tvárnice přebírá část zatížení od horní stavby, průběh svislé síly po průřezu stěny je podobný předchozím variantám, hlavní část zatížení zůstává na stropní konstrukci.

Rozložení napětí je věrohodné díky komplexnímu modelu objektu, který se nejvíce přibližuje skutečné stavbě. Stropní konstrukce je spojitá. Průběh vnitřního napětí u vnitřního líce stěny v nejnižším podlaží je přibližně trojúhelníkový až lichoběžníkový. Vzniká zde soustředěné namáhání. Největší napětí přímo působí na horní okrajovou hranu zdicích bloků umístěných v nejvýše položené řadě zděné stěny. Zároveň dochází k rozložení vnitřního napětí na betonovou část stropní konstrukce a nenosnou věncovou tvárnici. Stropní konstrukce přenáší většinu zatížení, přibližně 3/4 zatížení, věncová tvárnice přebírá zhruba 1/4 tohoto zatížení. Na vnějším líci věncové tvárnice, v některých případech také u zděné stěny, je vyvozováno tahové namáhání. Při nadměrném zatížení či nevhodném návrhu nebo aplikování zdicího materiálu by mohlo dojít k poškození stěny. Poškození se může projevit například prasklinami pod stropní konstrukcí nebo odlomením rohu tvárnice.

Využitím betonové věncové tvárnice dojde k přebrání části zatížení od horní stavby touto tvárnici. Při aplikaci betonové tvárnice do stavby je nutné použít tepelnou izolaci s vyšším tepelným odporem R [W/m^2K] pro vyloučení tepelného mostu v místě stropní konstrukce se zahrnutím ztužujícího věnce ze železobetonu. [1]

Další rozšíření finálního modelu

Modely byly také zpracovány pro užitná zatížení stropních konstrukcí kategorie B – kancelářské budovy s maximální hodnotou $3,0 \text{ kN/m}^2$ a pro kategorii C – plochy, kde může dojít ke shromažďování osob s maximální hodnotou $5,0 \text{ kN/m}^2$. Jedná se o teoretický model, u těchto hodnot zatížení by se rozpětí stropní konstrukcí pohybovalo do 4 m.

Finální model byl rozšířen o modely čtyřpodlažní budovy se stropní konstrukcí z prefabrikovaných železobetonových panelů. Dalším případem byly modely čtyřpodlažní budovy se stěnami ze zdicího materiálu s nižší objemovou hmotností (pórobeton) a stropní konstrukcí ze železobetonu. Jako v první případě byly následně stropní konstrukce změněny ze železobetonových monolitických desek na prefabrikované panely.

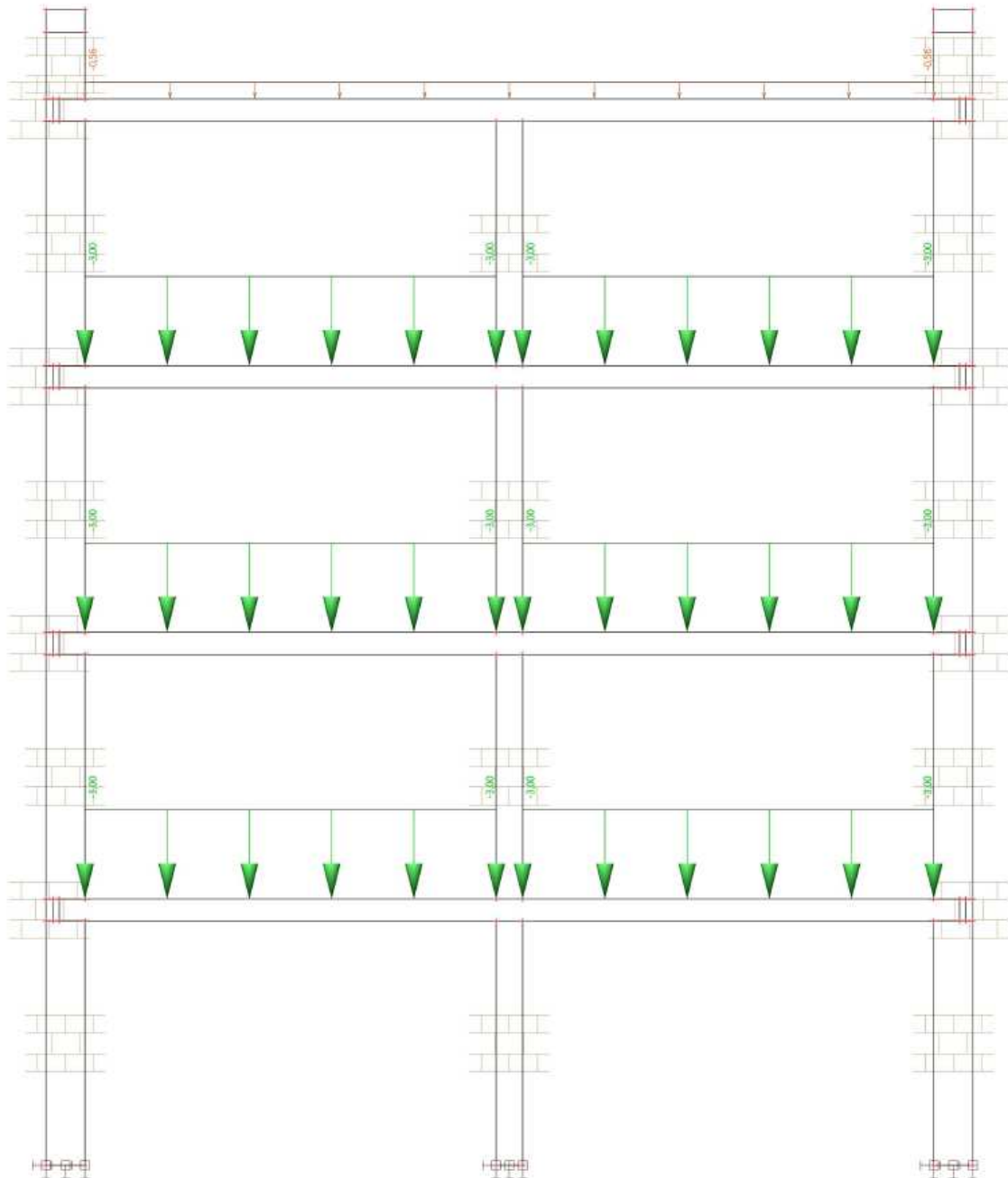
Níže jsou uvedeny pouze ukázky pro variantu 4 pro všechna rozšíření. Modely jsou uloženy v archivu autora diplomové práce.

Výsledky vykazují obdobnou formu tlakového namáhání, u některých případů, zejména u panelové stropní konstrukce, je více patrné soustředěné zatížení horního rohu zděné stěny. [1]

Obrázek č. 170: Ukázka finálního modelu pro užité zátížení kategorie B – zátížení modelu. [1]

Studentská verze

Studentská verze



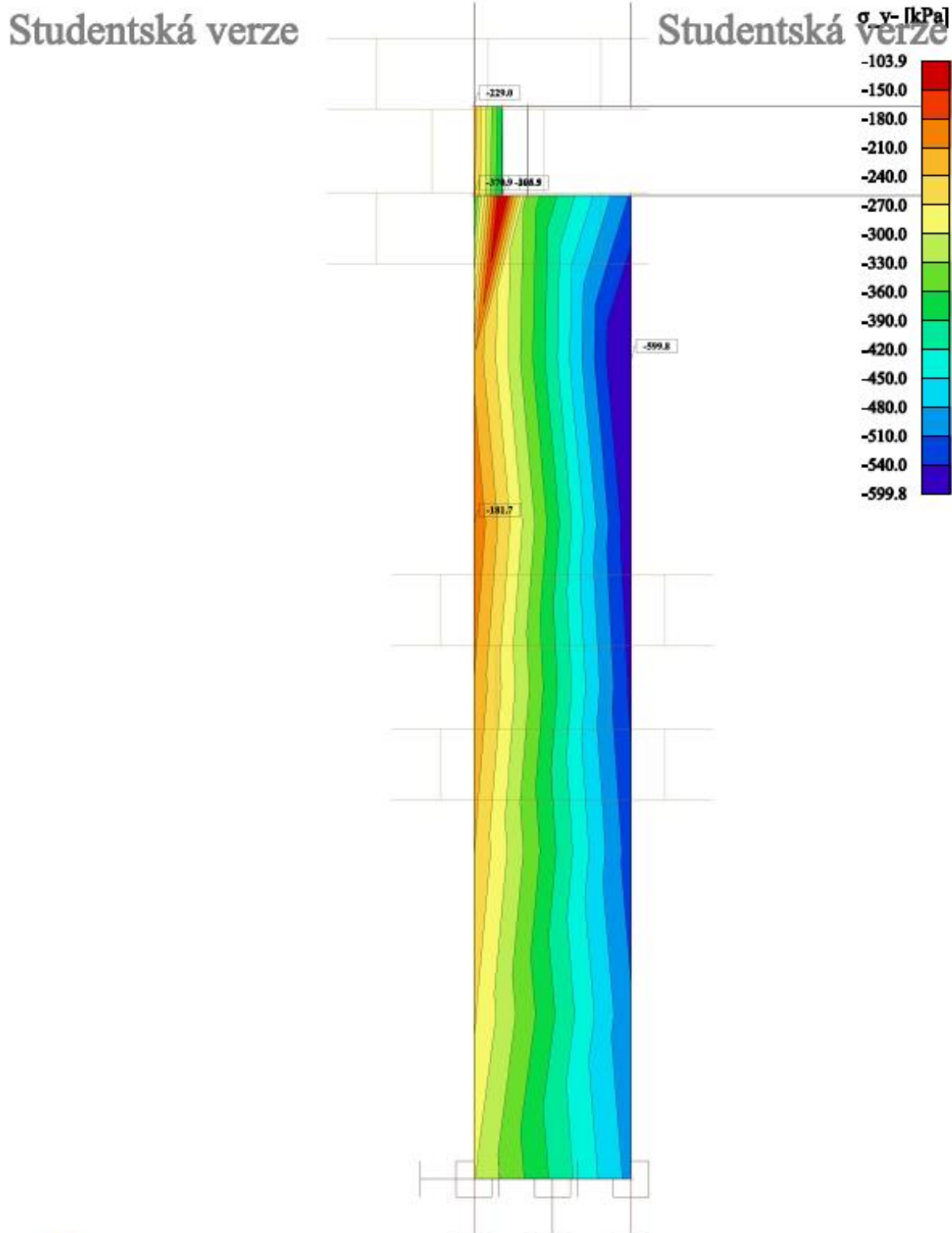
Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed : 26.03.2024 15:19

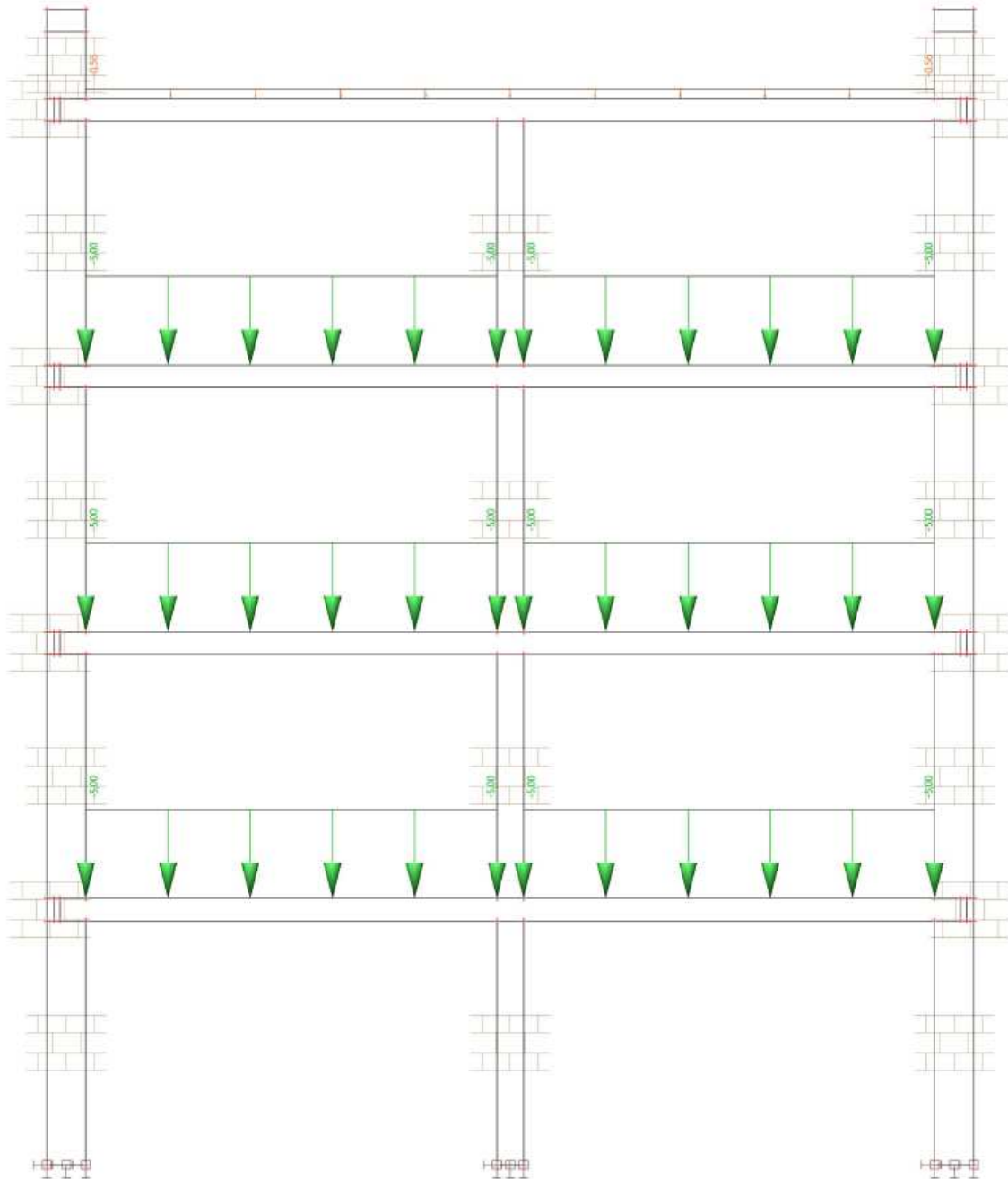
Obrázek č. 171: Ukázka finálního modelu pro užitné zatížení kategorie B – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]



Obrázek č. 172: Ukázka finálního modelu pro užité zátížení kategorie C – model zatížení. [1]

Studentská verze

Studentská verze



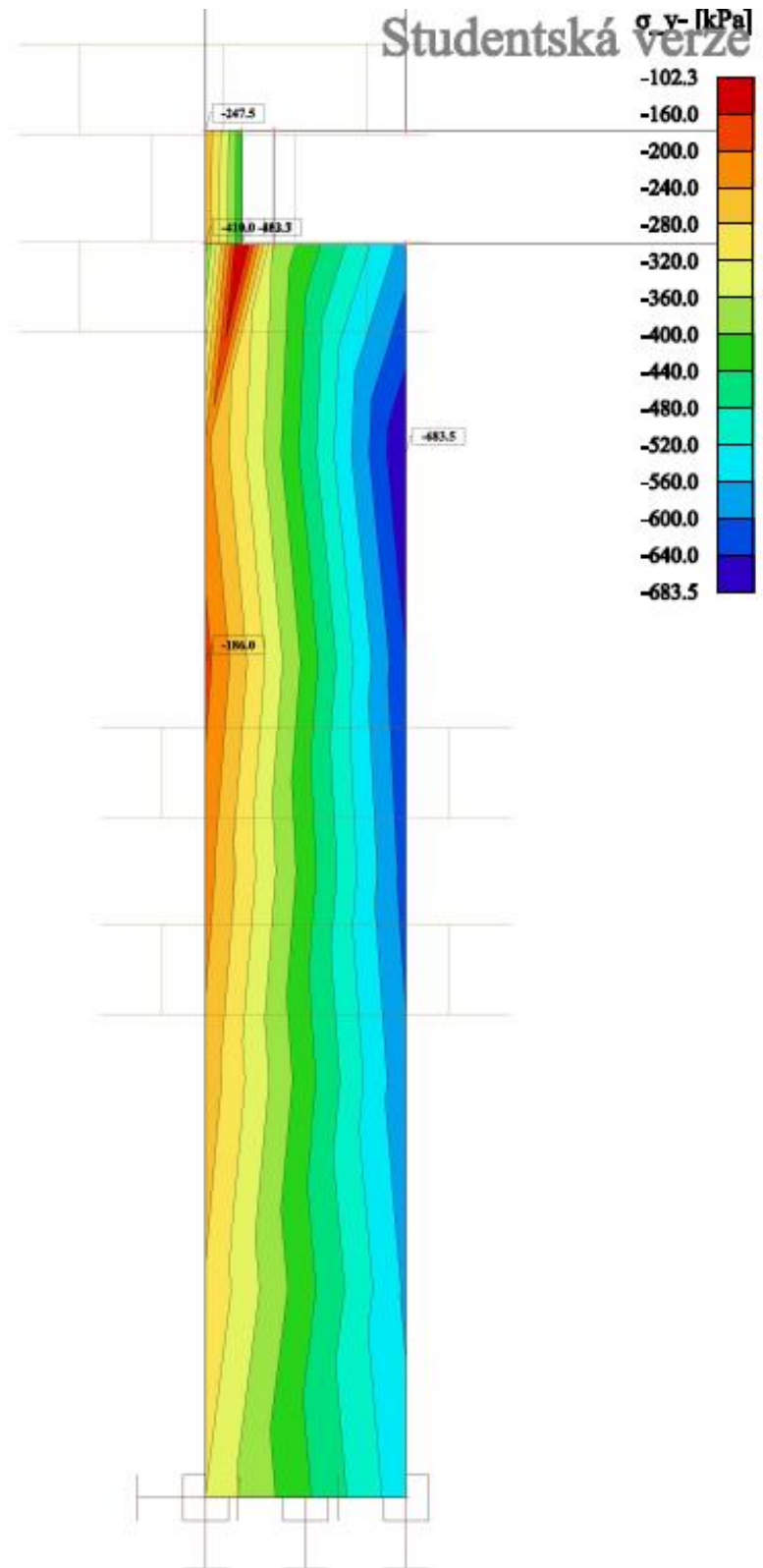
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Autor: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze
Printed: 26.03.2024 15:29

Obrázek č. 173: Ukázka finálního modelu pro užité zátížení kategorie C – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



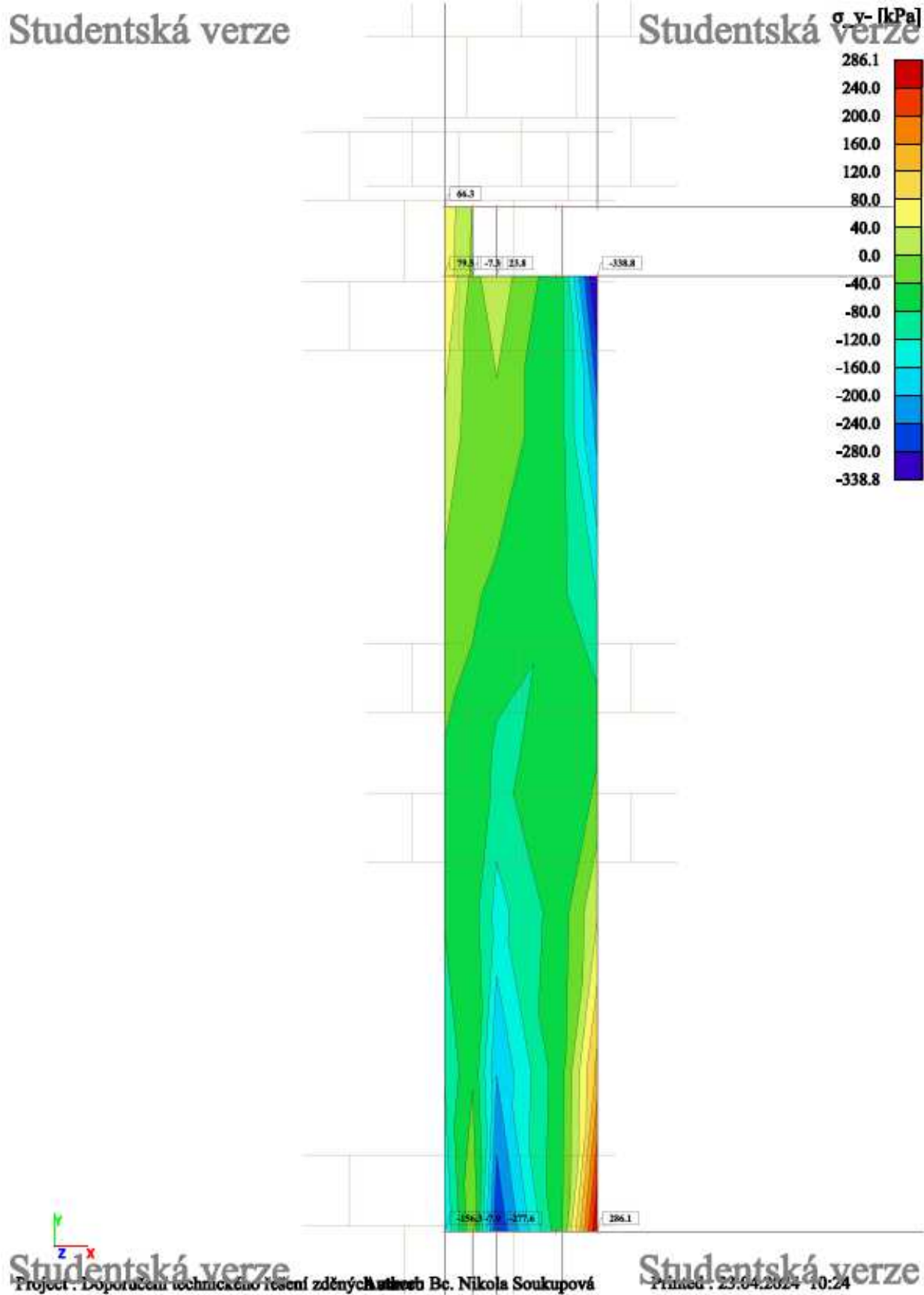
Studentská verze

Project: Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

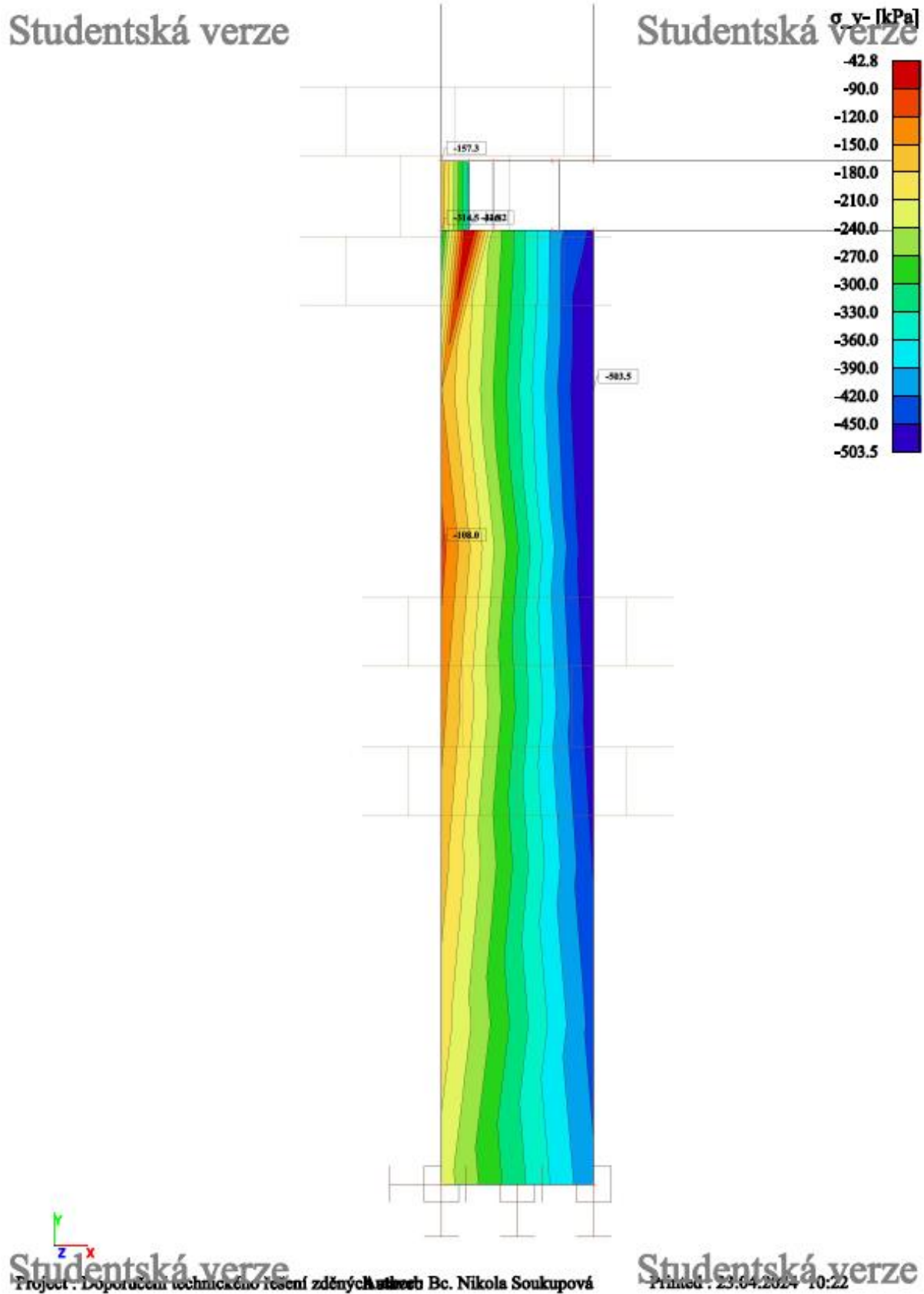
Studentská verze

Printed: 23.04.2024 10:07

Obrázek č. 174: Ukázka finálního modelu – stropní konstrukce z prefabrikovaných panelů – výsledné napětí σ_y - stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Obrázek č. 175: Ukázka finálního modelu – stropní konstrukce z prefabrikovaných panelů – výsledné napětí σ_y - stěna v nejnižším podlaží. [1]



Obrázek č. 176: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál pro stěny v nejnižším podlaží. [1]

Jméno Porobeton 375 statik	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	525,00
Modul E [MPa]	3,1400e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	1,2560e+03
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	1,4000e-01
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	3140,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smyková pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fxk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání kolmou k bodům dráhy (fxk2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 177: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál pro stěny v dalších podlažích. [1]

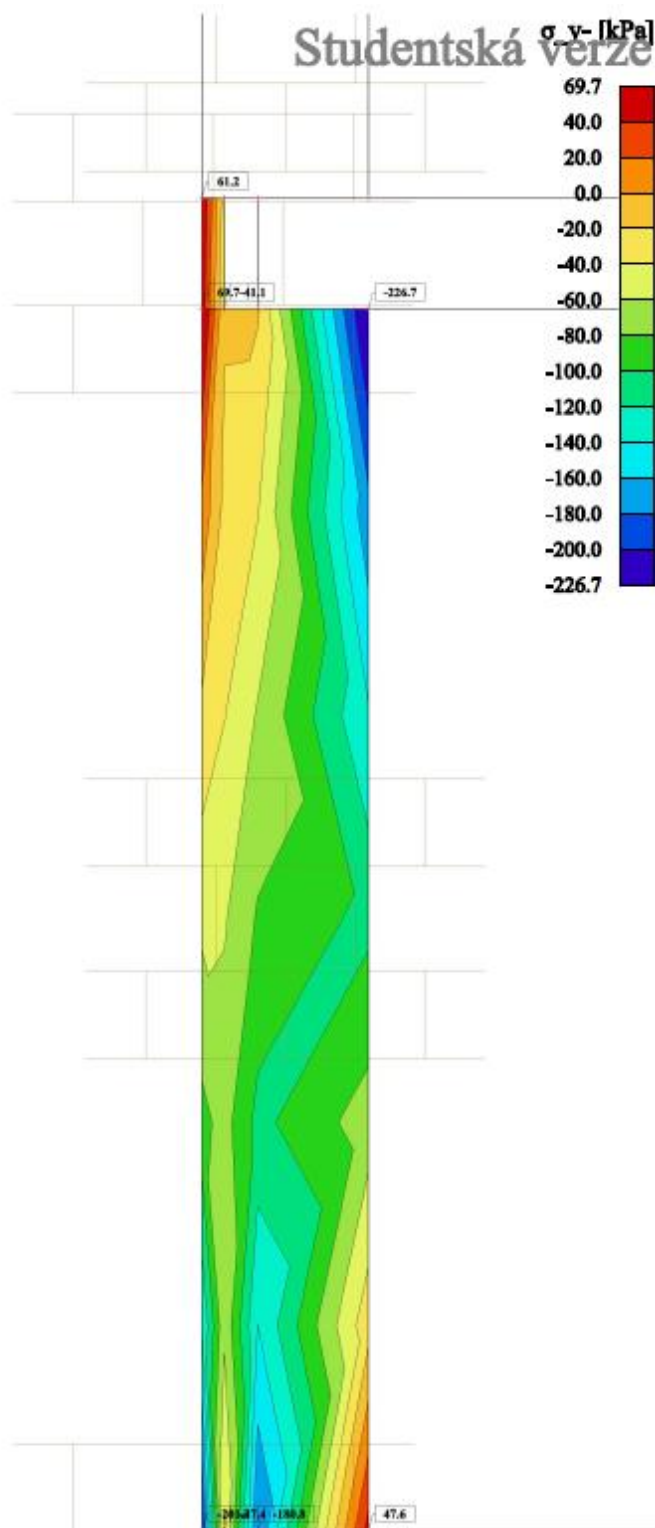
Jméno Porobeton 375 tepelně izolační	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	275,00
Modul E [MPa]	1,2500e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	5,0000e+02
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	7,7000e-02
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	1250,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smyková pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fxk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání kolmou k bodům dráhy (fxk2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 178: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál věncové tvárnice [1]

Jméno Věncovka porobeton	
Nezávislé na normě	
Typ materiálu	Zdivo
Tepelná roztažnost [m/mK]	0,01e-003
Jednotková hmotnost [kg/m³]	550,00
Modul E [MPa]	2,1600e+03
Poissonův součinitel	0,25
Nezávislý modul G	
Modul G [MPa]	8,6400e+02
Log. dekrement (pouze nerovnoměrné tlumení)	0,15
Barva	
Měrné teplo [J/gK]	1,0000e+03
Tepelná vodivost [W/mK]	1,3000e-01
Cena za jednotku [€/kg]	1,00
Normově závislé hodnoty	
Charakteristická pevnost v tlaku (fk) [kN/m²]	2160,0
Výpočet závislých hodnot	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Součinitel pro modul pružnosti (KE) [-]	1000,00
Dílčí součinitel pro MSÚ pro zdivo (gamma_M) [-]	2,00
Charakteristika počáteční smyková pevnost (fvko) [kN/m²]	300,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání rovnoběžnou s body dráhy (fxk1) [kN/m²]	100,0
Charakteristická ohybová pevnost s rovinou selhání kolmou k bodům dráhy (fxk2) [kN/m²]	400,0

Obrázek č. 179: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – výsledné napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

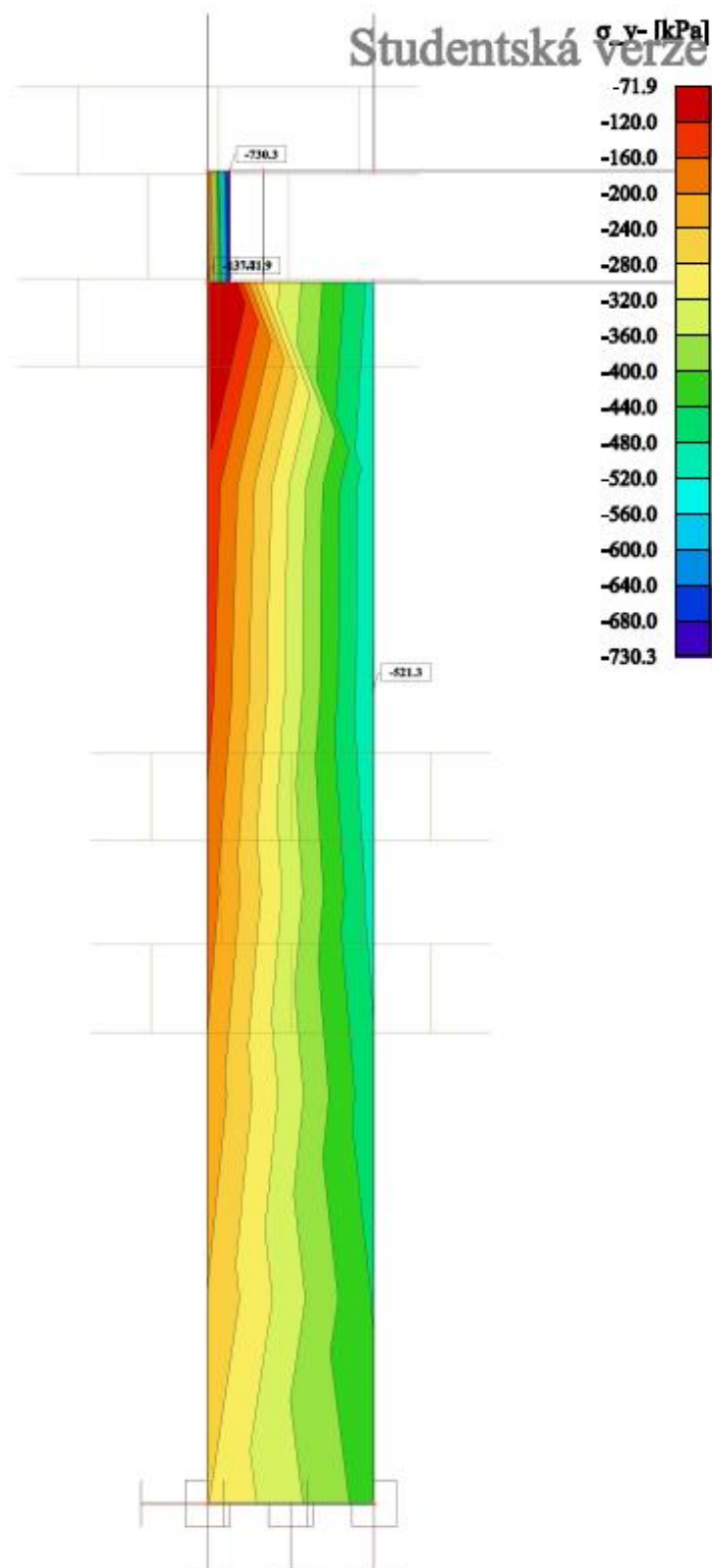
Project: Doporučení technický řešení zděných stěn autor: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 23.04.2024 10:40

Obrázek č. 180: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

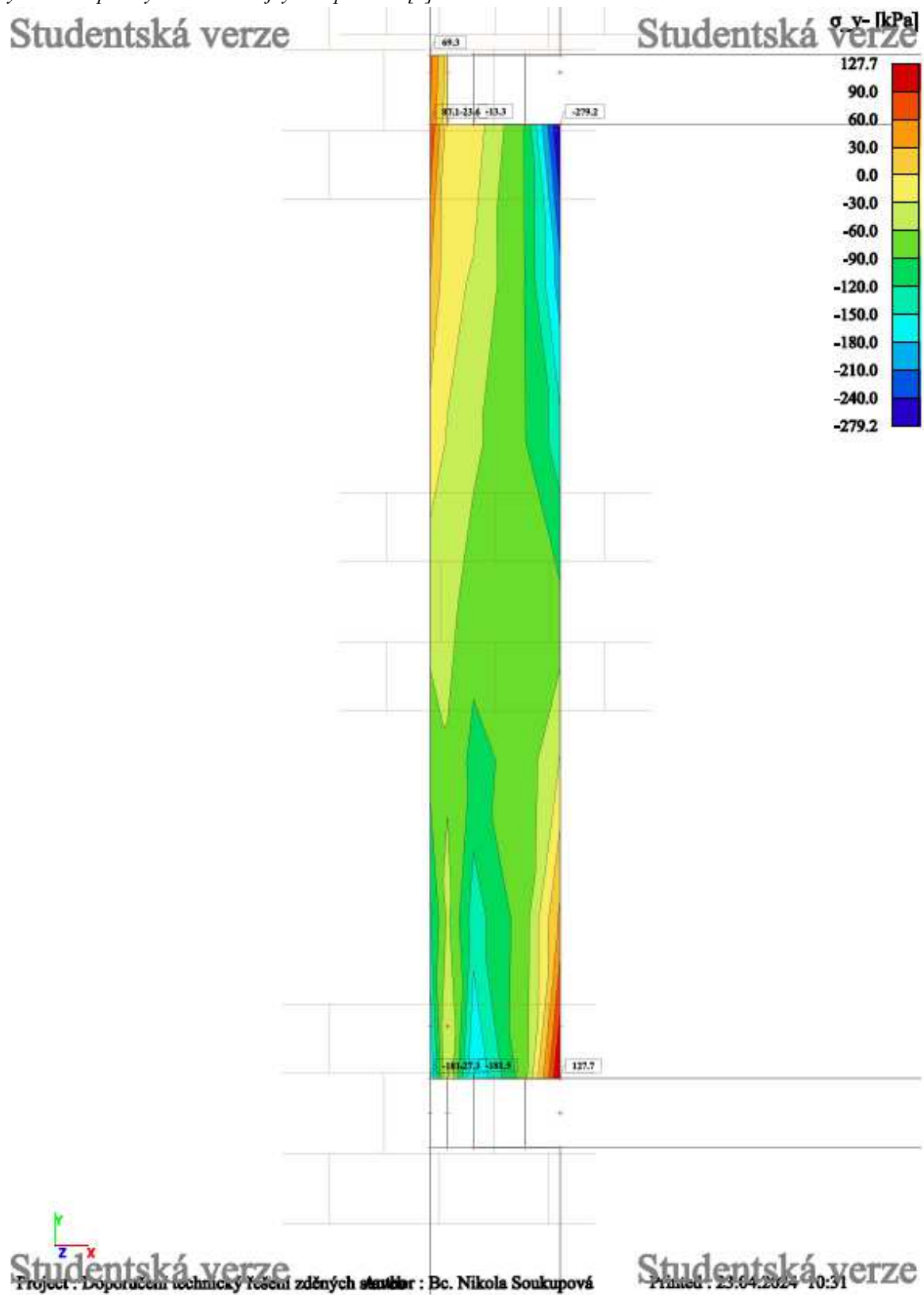


Studentská verze

Projekt: Doporučení technický řešení zděných stěn : Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze
Průběh: 23.04.2024 10:40

Obrázek č. 181: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou pevností; prefabrikované panely – výsledné napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]



Obrázek č. 182: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou pevností; prefabrikované panely – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze



Studentská verze

Project: Doporučení technický řešení zděných stěn | Author: Bc. Nikola Soukupová

Studentská verze

Printed: 23.04.2024 10:30

7.4. Hodnocení a řešení pomocí software vs. ruční výpočet konstrukcí zděné stavby

Tato kapitola porovnává statický výpočet únosnosti zděných konstrukcí provedený v softwarových programech Scia Engineer 22.1 CZ a FINE EC 2023 a výpočet naprogramovaný autorem v sešitu Microsoft Excel. Výpočty ve všech programech jsou provedeny na základě navrhování zděných konstrukcí podle ČSN EN 1996-1-1. Srovnání výpočtů z odlišných programů je provedeno pro ověření správnosti výpočtů.

Model budovy a působící zatížení jsou uvažovány obdobně jako v předchozí části 7.3., kde je proveden jejich popis.

Výpočet v softwaru Scia Engineer 22.1

Software Scia Engineer 22.1 je použit jako hlavní nástroj při řešení výpočtů v diplomové práci. Tento software je zvolen z důvodu možnosti detailního modelování konstrukcí složený z těles, nikoliv pouze jako drátový model. Sci Engineer také umožňuje zobrazování více druhů výsledků – například reakce, vnitřní síly nebo napětí na konstrukci.

Pro porovnání jsou vybrány 2 modely – Varianta 1, tedy uložení stropní konstrukce na tloušťku zděné stěny, a Varianta 4, která je využívána jako základní model v celé práci, jelikož styk uložení stropní konstrukce na zděnou stěnu je doplněn o nenosnou část věncové tvárnice a tepelné izolace tloušťky 70 mm. Varianta 1 umožňuje provést porovnání s programem FINE EC 2023 2D, který odpovídá drátovému modelu tohoto statického schématu. Varianta 4 je pak uvedena v ručním výpočtu naprogramovaném v Microsoft Excel. Tyto výpočty jsou ukázány dále.

Výslednice sil jsou umístěny ve středu stěn (v těžišti), nestanovují tedy výstřednost těchto sil, ukazují však rozložení svislých sil. To je patrné především u Varianty 4, viz Obrázek č. 184, u které je zřejmé rozložení sil na věncovou tvárnici a železobetonovou část tvořenou stropní konstrukcí a ztužujícím věncem. Součet těchto sil je shodný se silou N_{Ed} získanou ručním výpočtem. Tato shoda značí, že oba provedené výpočty (Scia Engineer a ruční výpočet) jsou správné. Model je detailní, lze ho využívat při podrobném statickém výpočtu.

Výslednice jsou získány pro všechny posuzované varianty uložení stropní konstrukce na zděnou stěnu. Jsou uloženy v archivu autora. [1]

Studentská verze

Studentská verze

-177,06 kN

-161,80 kN



Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

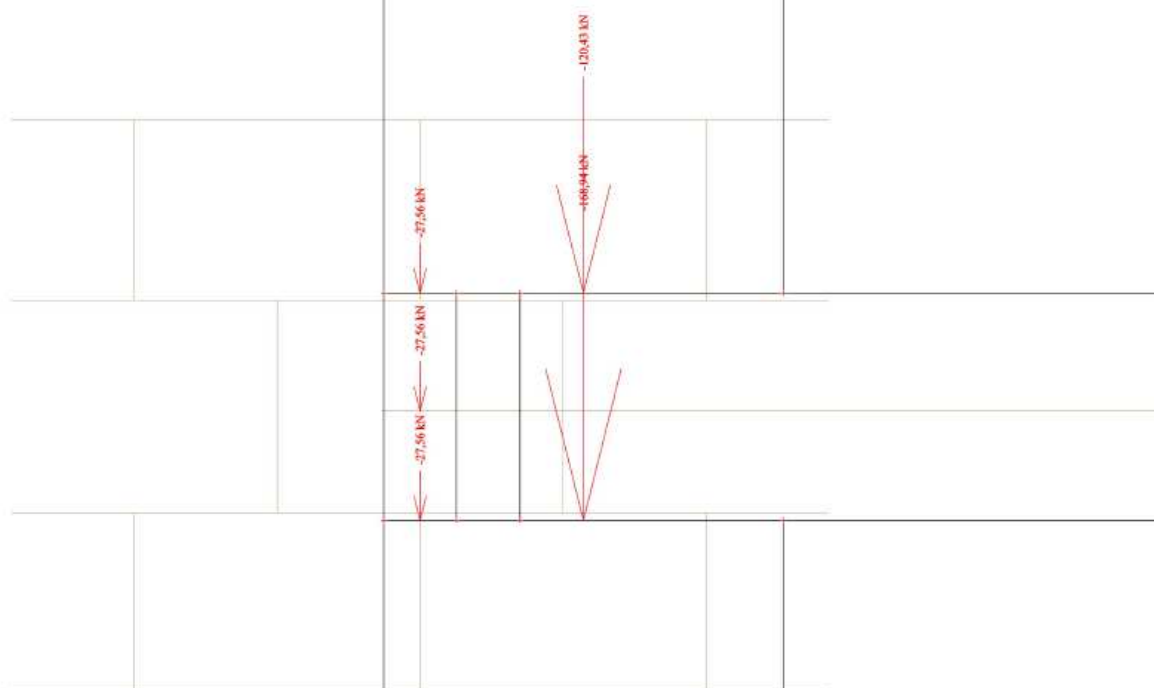
Studentská verze

Printed : 04.05.2024 16:37

Obrázek č. 183: Scia Engineer – Varianta modelu 1 – stěna v nejnižším podlaží. [1]

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

Studentská verze

Project : Doporučení technického řešení zděných stěn Bc. Nikola Soukupová

Printed : 04.05.2024 16:39

Obrázek č. 184: Scia Engineer – Varianta 4 – stěna v nejnižším podlaží. [1]

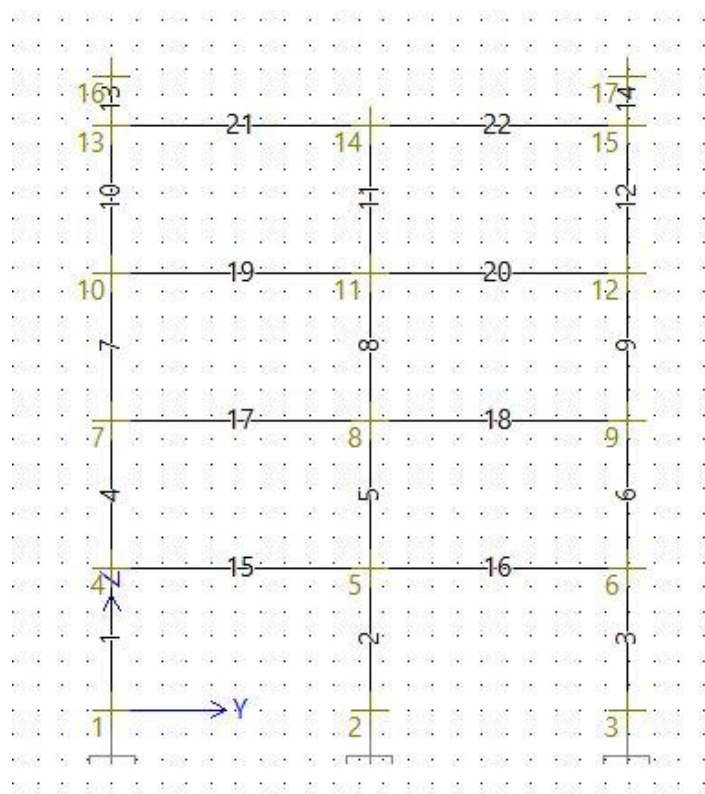
Výpočet v softwaru FINE EC 2023 – 2D

Software FINE EC 2023 2D umožňuje sestavení jednoduchého drátového (prutového) modelu celé stavby. Model je obecný bez možnosti provedení detailů, nelze do modelu zavést věncové tvárnice či tepelnou izolaci. Z tohoto vyplývá, že model zachycuje pouze uložení stropní konstrukce na celou tloušťku zděné stěny – posuzovaná Varianta 1.

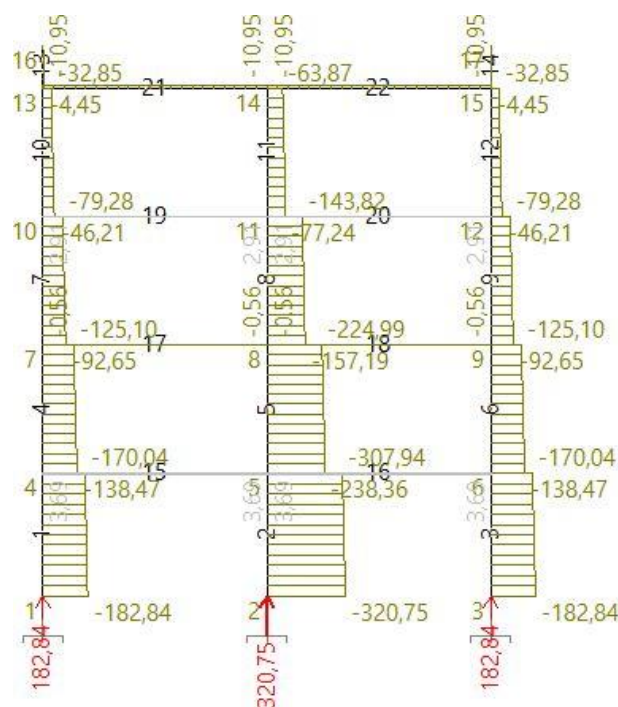
Uložení stropní konstrukce na stěnu je ponecháno jako vetknutí z důvodu možnosti porovnání. Software FINE EC 2023 2D by na rozdíl od softwaru Scia Engineer umožnil kloubové uložení stropních konstrukcí. Scia Engineer toto umožňuje v případě zděných konstrukcí pouze v třídímenzionálním modelu. 3D model konstrukce by mohl být dalším rozšířením analýzy prováděné v diplomové práci.

Výsledné síly v obvodové konstrukci se liší z důvodu odlišnosti modelu vysvětleného v odstavci výše, vlivem vnitřního softwarového výpočtu a také nastavení softwaru pro jednotlivé styky mezi konstrukcemi. Výsledné síly jsou vnitřními silami konstrukcí. Software také zobrazuje reakce od zatížení v podporách či deformace. Model lze označit za zjednodušený a lze ho využívat pro prvotní ověření návrhu nové nebo posouzení stávající zděné stěny.

Celý výpočet viz Příloha 4. [1]



Obrázek č. 185: FINE EC 2023 2D – model konstrukce. [1]



Obrázek č. 186: FINE EC 2023 2D – výsledné hodnoty svislé tlakové síly v kN. [1]

Výpočet v softwaru Microsoft Excel – ruční výpočet

Statický výpočet pro posouzení únosnosti zděné stěny je naprogramován v softwaru Microsoft Excel autorem diplomové práce podle ČSN EN 1996-1-1:2024. Jedná se o podrobný výpočet. V programu je možné provést výpočet obvodové zděné stěny stavby se šikmou střechou označený jako varianta A, například pro rodinný dům, nebo výpočet obvodové zděné stěny stavby s plochou střechou označený jako varianta B, například vícepodlažní objekt pro bydlení. Aby bylo proveditelné porovnání s ostatními výpočty, v níže uvedeném výpočtu je použita varianta B, která odpovídá statickému schématu posuzovanému v této práci. Ukázkový výpočet je proveden pro Variantu 4.

Průběhem ručního výpočtu jsou získány jednotlivé hodnoty svislých sil od působících zatížení na zděnou stěnu vyvolané od konstrukcí horní stavby. Kromě zatížení jsou zde stanoveny materiálové charakteristiky, geometrie a mechanické vlastnosti zdiva. Do výpočtu je také zahrnuta výstřednost působících sil. Ve výpočtu jsou stanoveny vnitřní svislé síly od zatížení působící na zděnou stěnu a také návrhová svislá síla určující únosnost zděné stěny.

Posuzovaná stěna je hodnocena ve třech průřezích – v hlavě, v patě a v polovině výšky zděné stěny. Jestli bude zděná stěna označena ve finálním posouzení za vyhovující, se odvíjí od tohoto, zda stěna vyhoví ve všech třech posuzovaných průřezích.

Sešit Microsoft Excel je k dispozici v archivu autora. [1]

STATICKÝ VÝPOČET		číslo	1	B	datum	04/2024																																																				
svislé zděné konstrukce		prvek	OBVODOVÁ	stěna																																																						
akce	diplomová práce	vypracoval/a	Bc. Nikola Soukupová																																																							
Schéma konstrukce s výslednicemi zatížení																																																										
				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Tabulka hodnot</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>atika</td> <td>F1</td> <td>7,26</td> <td>[kN]</td> </tr> <tr> <td>světlé rozpětí</td> <td>L1</td> <td>4,63</td> <td>[m]</td> </tr> <tr> <td>střecha</td> <td>F2</td> <td>30,425</td> <td>[kN]</td> </tr> <tr> <td>uložení</td> <td>a1</td> <td>290</td> <td>[mm]</td> </tr> <tr> <td>zdivo</td> <td>F3</td> <td>19,424</td> <td>[kN]</td> </tr> <tr> <td>počet pater</td> <td>n</td> <td>3</td> <td>[-]</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Po.:Běžná podlaží se stropní konstrukcí.</td> </tr> <tr> <td>světlé rozpětí</td> <td>L2</td> <td>4,63</td> <td>[m]</td> </tr> <tr> <td>stropní kce</td> <td>F4</td> <td>33,637</td> <td>[kN]</td> </tr> <tr> <td>uložení</td> <td>a2</td> <td>290</td> <td>[mm]</td> </tr> <tr> <td>zdivo</td> <td>F5</td> <td>19,424</td> <td>[kN]</td> </tr> <tr> <td>od příček</td> <td>F6</td> <td>0</td> <td>[kN]</td> </tr> </tbody> </table>			Tabulka hodnot				atika	F1	7,26	[kN]	světlé rozpětí	L1	4,63	[m]	střecha	F2	30,425	[kN]	uložení	a1	290	[mm]	zdivo	F3	19,424	[kN]	počet pater	n	3	[-]	Po.:Běžná podlaží se stropní konstrukcí.				světlé rozpětí	L2	4,63	[m]	stropní kce	F4	33,637	[kN]	uložení	a2	290	[mm]	zdivo	F5	19,424	[kN]	od příček	F6	0	[kN]
Tabulka hodnot																																																										
atika	F1	7,26	[kN]																																																							
světlé rozpětí	L1	4,63	[m]																																																							
střecha	F2	30,425	[kN]																																																							
uložení	a1	290	[mm]																																																							
zdivo	F3	19,424	[kN]																																																							
počet pater	n	3	[-]																																																							
Po.:Běžná podlaží se stropní konstrukcí.																																																										
světlé rozpětí	L2	4,63	[m]																																																							
stropní kce	F4	33,637	[kN]																																																							
uložení	a2	290	[mm]																																																							
zdivo	F5	19,424	[kN]																																																							
od příček	F6	0	[kN]																																																							
Tabulka výsledků - posouzení																																																										
Svislá únosnost v tlaku	N_{Rd} [kN]	e_c [mm]	N_{ed} [kN]	Porovnání	Využití [%]																																																					
V hlavě	597,60	10,03	196,86	vyhovuje	32,94																																																					
V 1/2 výšky stěny	597,60	9,78	206,58	vyhovuje	34,57																																																					
V patě	585,20	26,11	216,29	vyhovuje	36,96																																																					
Navržená zděná stěna:	vyhovuje																																																									

Obrázek č. 187: Úvodní a výsledkový list výpočtu. [1]

ZDIVO					
A Materiálové charakteristiky					
Slovní popis materiálu	keramické tvárnice 440 mm				
Skupina zdicích prvků		2			[-]
Kategorie zdicích prvků		I.			[-]
Označení pevnosti prvků		P	8		[-]
Průměrná pevnost zdicích prvků			8		[MPa]
Popis typ spojovacího materiálu	tenkovrstvá malta				
Označení pevnosti malty		M	10		[-]
Průměrná pevnost malty			10		[MPa]
Modul pružnosti		E	1000		[MPa]
B Geometrické charakteristiky stěny nebo pilíře					
Celková délka	L	5000	[mm]	5	[m]
Výpočtová délka	l	1000	[mm]	1	[m]
Účinná šířka	t_{ef}	440	[mm]	0,44	[m]
Poznámka: Tradičně $t_{ef} = t$, výjimkou je stěna ztužená pilíři a stěna spojená sponami s dutinami. Výjimky dále viz ČSN EN 1996-1-1.					
Výška	h	2750	[mm]	2,75	[m]
Redukční součinitel dle podepření	ρ_n	$\rho_2 b$	[-]	0,75	[-]
Účinná výška	h_{ef}	$= h \cdot \rho_n$		2,06	[m]
Štíhlostní poměr	λ	4,69	\leq	27	[-]
Poznámka: Pokud $\lambda > 27$, je nutné zvětšit tloušťku konstrukce pro danou výšku.					
C Schéma					
Průřez zdiva					
Plocha průřezu		A	0,44		[m ²]
Zmenšená plocha průřezu		A _z	0,44		[m ²]
Poznámka: Zmenšení plochy průřezu kvůli velké výstřednosti uložení stropu.					

Obrázek č. 188: Materiál a geometrie zdiva. [1]

VÝPOČET ZATÍŽENÍ							
Obvodová stěna nebo pilíř							
A Zatížení od atiky							
1 Stálé zatížení							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
zdivo	keramické tvárnice 44	1	0,44	7,5	3,3	1,35	4,455
délka stěny [m]			1				
výška stěny [m]			0,75				
tíha zdiva					2,475	-	3,34125
omítka vnější/SDK	omítka	1	0,005	20	0,1	1,35	0,135
tepelná izolace		0	0	0	0		0
omítka vnitřní/SDK	omítka	1	0,005	20	0,1		0,135
součet		-	0,45	-	0,15	[kN]	0,2025
pozední věnec	železobeton	1	0,44	25	11	1,35	14,85
výška věnce [m]			0,25				
délka věnce [m]			1				
věncovka					0	1,35	0
tepelná izolace					0		0
Součet		-	0,44	-	2,750	[kN]	3,713
Celkem		-	0,89	-	5,375	[kN]	7,256
B Zatížení od střechy							
1 Stálé zatížení							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
krytina	střešní tašky				0	1,35	0
	asfaltový pás	1	0,012	-	0,135		0,18225
roznášecí vrstva	betonová mazanina				0		0
					0		0
tepelná izolace	polystyren	1	0,32	1,2	0,384		0,5184
	minerální vlna				0		0
hydroizolace + ostatní separační vrstvy	fólie	1	0,002	12	0,024		0,0324
	geotextilie	1	0,002	0,002	0,000004		0,0000054
					0		0
nosná vrstva	monolitický ŽB	1	0,25	25	6,25		8,4375
	prefabrikovaný (ŽB panely)				0		0
	prefamonolitický				0		0
	krov				0		0
podhled	vazník				0		0
	omítka	1	0,01	20	0,2		0,27
ostatní	sádrokarton				0		0
	kačírky	1	0,05	16,5	0,825		1,11375
	zeleň				0	0	
	zemina				0	0	
Součet		-	-	-	7,818	[kN/m ²]	10,554
2 Proměnná zatížení							
typ zatížení					charakteristické zatížení q_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení q_d
[-]					[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
Užitné zatížení	kategorie	H	Poznámka: Jiný kategorie užitného zatížení střechy, viz norma ČSN EN 1991-1-1.		0,75	1,5	1,125
Zatížení sněhem	oblast	I			0,56	1,5	0,84
	tvárový součinitel sklonu střechy	0,7					
	součinitel expozice C_e	0,8					
		1					

Obrázek č. 189: Zatížení působící na stěnu – část 1. [1]

	součinitel teploty C_t	1					
Poznámka: Za hlavní proměnné zatížení je uvažováno to zatížení, které způsobí větší namáhání konstrukce. (Má vyšší hodnotu.)							
Poznámka: Zatížení větrem zde není uvedeno, jelikož sání větru konstrukci nadlehčuje a tím zmenšuje zatížení.							
3 Kombinační rovnice 6.10. (ČSN EN 1990)							
Přepočet zatížení	11,679	[kN/m ²]	$E_d = \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} ; j \geq 1 ; i > 1$				
Zatěžovací šířka	2,605	[m]					
Zatěžovací délka	1	[m]					
Celkem	30,425	[kN]					
C Zatížení od stěny nebo nadezdívky							
1 Stálé zatížení							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
zdivo	keramická tvárnice 44	1	0,44	7,5	3,3	1,35	4,455
délka stěny [m]			1				
výška stěny [m]			2,75				
tíha zdiva					9,075	-	12,25125
omítka vnější/SDK	omítka	1	0,05	20	1	1,35	1,35
tepelná izolace		0	0	0	0		0
omítka vnitřní/SDK	omítka	1	0,01	20	0,2		0,27
součet		-	0,5	-	3,3	[kN]	4,455
pozední věnec	železobeton	1	0,29	25	7,25	1,35	9,7875
výška věnce [m]			0,25				
délka věnce [m]			1				
věncovka	keramická věncovka 80	1	0,08	9	0,72	1,35	0,972
tepelná izolace	polystyren	1	0,07	1,2	0,084		0,1134
Součet		-	0,44	-	2,014		[kN]
Celkem		-	0,94	-	14,389	[kN]	19,424
D Zatížení od stropní konstrukce							
1 Stálé zatížení							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
nášlapná vrstva	dřevo, laminát				0	1,35	0
	keramická dlažba	1	0,01	20	0,2		0,27
	malta nebo podložka	1	0,005	10	0,05		0,0675
roznášecí vrstva	betonová mazanina	1	0,05	23	1,15		1,5525
	dřevo				0		0
kročejeová izolace	hydroizolace (fólie)	0	0,002	12	0		0
	polystyren/minerální vlna	1	0,04	1,2	0,048		0,0648
	násyp				0		0
nosná vrstva	dřevěné trámy				0		0
	železobeton	1	0,25	25	6,25		8,4375
	prefamonolitický				0	0	
podhled	prefabrikovaný (panely)				0	0	
	omítka	1	0,01	20	0,2	0,27	
	sádrokarton				0	0	
Součet		-	-	-	7,898	-	10,662
2 Proměnná zatížení							
typ zatížení					charakteristické zatížení q_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení q_d
[-]					[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
Užitné zatížení	kategorie	A - stropy			1,5	1,5	2,25
Další nahodilé zatížení	(např. od příček do plochy)	-			0	1,5	0
3 Kombinační rovnice 6.10. (ČSN EN 1990)							
Přepočet zatížení	12,912	[kN/m ²]	$E_d = \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} ; j \geq 1 ; i > 1$				
Zatěžovací šířka	2,605	[m]					
Zatěžovací délka	1	[m]					
Celkem	33,64	[kN]					

Obrázek č. 190: Zatížení působící na stěnu – část 2. [1]

4 Ostatní stálá zatížení - od příček							
Poznámka: Možno zadat tímto způsobem nebo jako další nahodilé zatížení.							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
zdivo		0			0	1,35	0
délka stěny [m]			1				
výška stěny [m]							
tíha zdiva					0	[kN]	0
omítka vnější/SDK		0				1,35	
omítka vnitřní/SDK		0					
Součet		-	-	-	0	[kN]	0
Celkem			0		0	[kN]	0
5 Celkové zatížení od stropní konstrukce							
Součet		33,637	[kN]				
E Zatížení od stěny VLASTNÍ TÍHA STĚNY							
1 Stálé zatížení							
vrstvy konstrukce	materiál	aktivní vrstva pro výpočet	tloušťka	objemová tíha	charakteristické zatížení g_k	dílčí součinitel γ_G	návrhové zatížení g_d
[-]	[-]	[0 - ne/ 1 - ano]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
zdivo	keramická tvárnice 44	1	0,44	7,5	3,3	1,35	4,455
délka stěny [m]			1				
výška stěny [m]			2,75				
tíha zdiva					9,075	[kN]	12,251
omítka vnější/SDK	omítka	1	0,05	20	1	1,35	1,35
tepelná izolace		0	0	0	0		0
omítka vnitřní/SDK	omítka	1	0,01	20	0,2		0,27
součet		-		-	3,3	[kN]	4,455
pozední věnec	železobeton	1	0,29	25	7,25	1,35	9,7875
výška věnce [m]			0,25				
délka věnce [m]			1				
věncovka	keramická věncovka 80	1	0,08	9	0,72	1,35	0,972
tepelná izolace	polystyren	1	0,07	1,2	0,084		0,1134
součet		-	-	-	2,014	[kN]	2,718
celkem		-	0,5	-	14,389	[kN]	19,424
F Zatížení od větru na zděnou stěnu							
předem vypočtený tlak větru		q_p		[kN/m ²]			
dílčí součinitel zatížení		γ_G	1,5	[-]			
výška stěny		h	2,75	[m]			
ohybový moment v 1/2h stěny - prostý nosník		M_v	0	[kNm]			

Obrázek č. 191: Zatížení působící na stěnu – část 3. [1]

PEVNOST ZDĚNÉ KONSTRUKCE				
A Pevnost v tlaku				
1	charakteristická pevnost v tlaku	f_k		[MPa]
	přímé zadání [hodnota/0]	3,32		[MPa]
Poznámka: Hodnotu lze zjistit od výrobce a z ČSN 1996-3.				
	výpočetem ze vzorce	b	0,00	[MPa]
a	$f_k = K * f_b^{0,7} * f_m^{0,3}$ pro zdivo na obyč. maltu a maltu s lehkým kamenivem			
b	$f_k = K * f_b^{0,85}$ pro zdivo na tenkovrstvou maltu s tloušťkou spáry 0,5 až 3 mm, pro pálené zdicí prvky skupiny 1 a 4, vápenopískové, pórobetonové, betonové prvky a prvky pravidelného tvaru z přírodního kamene			
c	$f_k = 0,5 * K * f_b^{0,7}$ pro zdivo z pálených zdicích prvků skupiny 2 a 3			
	konstanta	K	0	[-]
	normalizovaná pevnost prvku	f_b		[MPa]
	podklady výrobce [hodnota/0]	0		[MPa]
	výpočetem $f_b = f_u * \delta * \eta$	0		[MPa]
	průměrná pevnost zdicího prvku	f_u	0	[MPa]
	součinitel vlivu výšky a šířky prvku	δ	0	[-]
Poznámka: δ dle Přílohy A v EN 772-1. Pro šířku a výšku 250 mm činí 1,15.				
	součinitel přirozené vlhkosti prvku	η	0	[-]
Poznámka: η pro vysušený stav 0,8; 6% vlhkosti po kondicionování na vzduchu 1,0; pod vodou 1,2.				
	průměrná pevnost zdicí malty	f_m	10	[MPa]
2	návrhová pevnost v tlaku	f_d		[MPa]
	$f_d = f_k / \gamma_M$	1,51		[MPa]
	dílčí součinitel materiálu	γ_M	B	2,2
B Pevnost v tahu za ohybu				
1	charakteristická pevnost	f_{xki}		[MPa]
	rovnoběžně s ložnými sparami	f_{xk1}	0,2	[MPa]
	kolmo k ložným sparám	f_{xk2}	0,15	[MPa]
2	návrhová pevnost	f_{xdi}		[MPa]
	$f_{xdi} = f_{xki} / \gamma_M$	0,09		[MPa]
	dílčí součinitel materiálu	γ_M	B	2,2
C Pevnost ve smyku				
1	charakteristická pevnost ve smyku	f_{vk}		[MPa]
	stýčná spára je vyplněna maltou	ne	0	[MPa]
	stýčná spára není vyplněna maltou		0,15	[MPa]
	počáteční pevnost ve smyku	f_{vk0}	0,3	[MPa]
Poznámka: Hodnotu získáme z tabulky č.5.4. z ČSN EN 1996-1-1:2023.				
	součinitel tření	μ_f		[-]
Poznámka: Stanoven zkouškami dle EN 1052-3 a 4.				
	tlakové napětí kolmé na smyk. sílu	σ_d		[MPa]
2	návrhová pevnost ve smyku	f_{vd}		[MPa]
	$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$	0,07		[MPa]
	dílčí součinitel materiálu	γ_M	B	2,2

Obrázek č. 192: Mechanické vlastnosti zdiva. [1]

OVĚŘENÍ SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCE - ÚNOSNOST						
Obvodová stěna nebo pilíř						
Jednoduchý výpočet						
návrhová svislá tlaková síla	N_{Rd}	664,00	[kN]			
V průřezech						
1 Únosnost v hlavě zdiva						
svislá tlaková síla od zatížení	$N_{Ed A}$	30,425	[kN]			
B	$N_{Ed B}$	196,864	[kN]			
návrhová svislá tlaková síla	N_{Rd}	597,60	[kN]			
zmenšovací součinitel v hlavě/v patě zdiva				ϕ_i	0,90	[-]
celková výstřednost	e_i	10,03	[mm]	\geq	22	[mm]
díličí výstřednosti	e_{fi}	5,45	[mm]			
	e_{init}	4,58	[mm]			
	e_k	2,97	[mm]			
2 Únosnost v 1/2 výšky zdiva						
svislá tlaková síla od zatížení	$N_{Ed A}$	40,137	[kN]			
B	$N_{Ed B}$	206,576	[kN]			
návrhová svislá tlaková síla	N_{Rd}	597,60	[kN]			
zmenšovací součinitel v 1/2 výšky zdiva				ϕ_m	0,90	[-]
součinitel	A1	0,96	[-]			
celková výstřednost	e_{mk}	9,78	[mm]	\geq	22	[mm]
díličí výstřednosti	e_{fm}	5,19	[mm]			
	e_{init}	4,58	[mm]			
	e_k	2,93	[mm]			
součinitel	λ	0,27	[-]			
3 Únosnost v patě zdiva						
svislá tlaková síla od zatížení	$N_{Ed A}$	49,849	[kN]			
B	$N_{Ed B}$	216,288	[kN]			
návrhová svislá tlaková síla	N_{Rd}	585,20	[kN]			
zmenšovací součinitel v patě zdiva				ϕ_i	0,88	[-]
celková výstřednost	e_i	26,11	[mm]	\geq	22	[mm]
díličí výstřednosti	e_{fi}	21,53	[mm]			
	e_{init}	4,58	[mm]			
	e_k	4,79	[mm]			

Obrázek č. 193: Posouzení zděné stěny v nejnižším podlaží objektu. [1]

Výpočet v softwaru FINE EC 2023 – Zdivo

Výpočet byl proveden v softwaru FINE EC 2023 – Zdivo, je určený pro posouzení únosnosti zděné stěny. Zatížení působící na zděnou stěnu od horní stavby je potřeba stanovit ručním výpočtem, do programu jsou přímo zadávány normálové a posouvající síly a ohybové momenty. Hodnoty zatížení byly v tomto případě převzaty z výpočtu v softwaru Microsoft Excel. Výpočet zahrnuje výstřednost svislých sil pomocí zmenšovacího součinitele ϕ_m . Výpočet je proveden podle ČSN EN 1996-1-1:2007. Využití tohoto softwaru je vhodné pro předběžné a jednoduché ověření únosnosti zděné stěny. [1]



Projekt

Datum : 28.04.2024

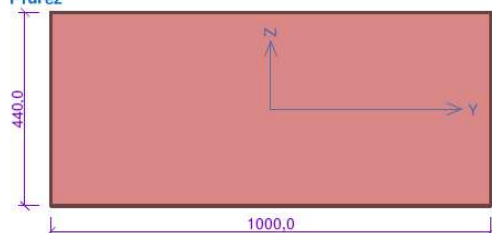
Norma

Norma EN 1996-1-1/Česko.

1 Stěna 1

1.1 Vstupní data

Průřez



Materiál

Název: POROTHERM 44 Profi P8 - WIENERBERGER M10 (T)
Pevnost v tlaku $f_k = 3,32$ MPa
Pevnost ve smyku $f_{vko} = 0,3$ MPa
Pevnost v tahu za ohybu okolo vodorovné osy $f_{xk1} = 0,15$ MPa
Pevnost v tahu za ohybu okolo svislé osy $f_{xk2} = 0,15$ MPa
Dílní součinitel materiálu $\gamma_M = 2$
Součinitel dotvarování $\phi = 1$
Objemová hmotnost $\rho = 750$

Vnitřní síly

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	Typ
1	Zat. případ 1	-196,87	0,00	0,00	Hlava
		-203,00	0,00	0,00	Střed
		-209,12	0,00	0,00	Pata

Způsob podepření

Účinná tloušťka: 0,440m

Způsob podepření: Stěna podepřená v úrovni hlavy a paty

Typ stropu: Zelezobetonový

Výška stěny: 2,750m

Vzpěrná výška: $h_{ef} = \rho_2 \times h = 0,75 \times 2,75 = 2,063$ m

1.2 Výsledky

Podrobné posouzení: Zat. případ 1 - Hlava

Štíhlost prvku $h_{ef}/l_{ef} = 4,688 \leq 27 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Tlak

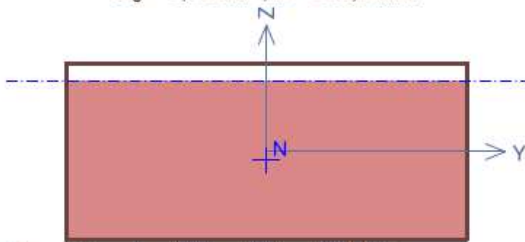


FINE EC - Zdivo (32 bit) (studentická licence) | verze 11.2023.16.0 | hardwarový klíč 1774 / 1 | Soukupová Nikola | Copyright © 2023 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz

Obrázek č. 194: FINE EC 2023 – Zdivo – vstupní data. [1]



Plocha tlačeneho průřezu
 $A_c = 0,396 \text{ m}^2$; $h = 395,8 \text{ mm}$



$$h_{ef} = \rho_2 \times h = 0,75 \times 2,75 = 2,063 \text{ m}$$

$$e_1 = \max(M_{1d} / N_{1d} + h_{ef} / 450; 0,05 \times t) = \max(0 / 196,9 + 2,063 / 450; 0,05 \times 0,44) = \max(0,00458; 0,022) = 0,022 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 1 - 2 \times e_1 / t = 1 - 2 \times 0,022 / 0,44 = 0,9$$

$$N_{Rd} = -(\Phi_1 \times t \times f_d) = -(0,9 \times 0,44 \times 1,66) = -657,4 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} = -196,87 \text{ kN/m} \leq N_{Rd} = -657,36 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - tlak Vyhovuje

Smyk

$$f_{vk} = \min(f_{vko} + 0,4 \times \sigma_d; 0,065 \times f_b) = \min(0,3 + 0,4 \times 0,447; 0,065 \times 8) = \min(0,479; 0,52) = 0,479 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M = 0,479 / 2 = 0,239 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd} = f_{vd} \times A = 0,239 \times 0,44 = 105,4 \text{ kN/m}$$

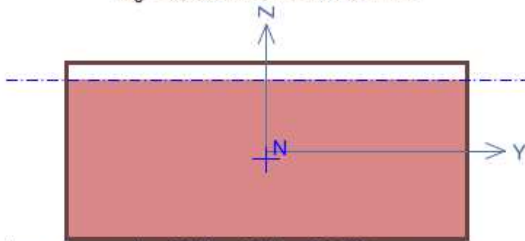
$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN/m} \leq V_{Rd} = 105,37 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - smyk Vyhovuje

Podrobné posouzení: Zat. případ 1 - Střed

Tlak

Plocha tlačeneho průřezu
 $A_c = 0,396 \text{ m}^2$; $h = 395,8 \text{ mm}$



$$h_{ef} = \rho_2 \times h = 0,75 \times 2,75 = 2,063 \text{ m}$$

$$e_{mk} = \max(M_{md} / N_{md} + h_{ef} / 450; 0,05 \times t) = \max(0 / 203 + 2,063 / 450; 0,05 \times 0,44) = \max(0,00458; 0,022) = 0,022 \text{ m}$$

$$A_1 = 1 - 2 \times e_{mk} / t = 1 - 2 \times 0,022 / 0,44 = 0,9$$

$$E = K_E \times f_k = 1 \ 000 \times 3,32 = 3 \ 320 \text{ MPa}$$

$$\lambda = h_{ef} / t_{ef} \times \sqrt{(f_k / E)} = 2,063 / 440 \times \sqrt{(3,32 / 3 \ 320)} = 0,148$$

$$u = (\lambda - 0,063) / (0,73 - 1,17 \times e_{mk} / t) = (0,148 - 0,063) / (0,73 - 1,17 \times 0,022 / 0,44) = 0,127$$

$$\Phi_m = A_1 \times e^{(-u^2 / 2)} = 0,9 \times e^{(-0,127^2 / 2)} = 0,893$$

$$N_{Rd} = -(\Phi_m \times t \times f_d) = -(0,893 \times 0,44 \times 1,66) = -652,1 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} = -203,00 \text{ kN/m} \leq N_{Rd} = -652,09 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - tlak Vyhovuje

Smyk

$$f_{vk} = \min(f_{vko} + 0,4 \times \sigma_d; 0,065 \times f_b) = \min(0,3 + 0,4 \times 0,461; 0,065 \times 8) = \min(0,485; 0,52) = 0,485 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M = 0,485 / 2 = 0,242 \text{ MPa}$$



Pouze pro nekomerční využití



2

[FIN EC - Zdivo (32 bit) (studentská licence) | verze 11.2023.16.0 | hardwarový klíč 1774 / 1 | Soukupová Nikola | Copyright © 2023 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Obrázek č. 195: FINE EC 2023 – Zdivo – průběh výpočtu. [1]

$$V_{Rd} = f_{vd} \times A = 0,242 \times 0,44 = 106,6 \text{ kN/m}$$

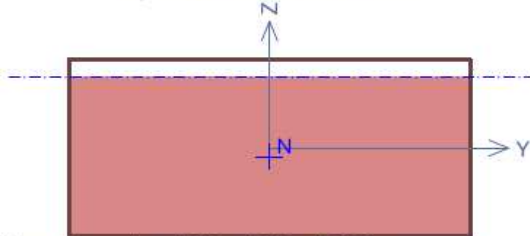
$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN/m} \leq V_{Rd} = 106,60 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - smyk Vyhovuje

Podrobné posouzení: Zat. případ 1 - Pata

Tlak

Plocha tlačného průřezu
 $A_c = 0,396 \text{ m}^2$; $h = 395,8 \text{ mm}$



$$h_{ef} = \rho_2 \times h = 0,75 \times 2,75 = 2,063 \text{ m}$$

$$e_2 = \max(M_{2d} / N_{2d} + h_{ef} / 450; 0,05 \times t) = \max(0 / 209,1 + 2,063 / 450; 0,05 \times 0,44) = \max(0,00458; 0,022) = 0,022 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = 1 - 2 \times e_2 / t = 1 - 2 \times 0,022 / 0,44 = 0,9$$

$$N_{Rd} = -(\Phi_2 \times t \times f_d) = -(0,9 \times 0,44 \times 1,66) = -657,4 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed} = -209,12 \text{ kN/m} \leq N_{Rd} = -657,36 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - tlak Vyhovuje

Smyk

$$f_{vk} = \min(f_{vk0} + 0,4 \times \sigma_d; 0,065 \times f_b) = \min(0,3 + 0,4 \times 0,475; 0,065 \times 8) = \min(0,49; 0,52) = 0,49 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M = 0,49 / 2 = 0,245 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd} = f_{vd} \times A = 0,245 \times 0,44 = 107,8 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 0,00 \text{ kN/m} \leq V_{Rd} = 107,82 \text{ kN/m}$$

Mezní stav únosnosti - smyk Vyhovuje

Mezní stav únosnosti

Štíhlost prvku $h_{ef}/t_{ef} = 4,688 \leq 27 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

č.	Název	N_{Ed}	M_{Edy}	V_{Edz}	Posouzení
		N_{Rd}	M_{Rdy}	V_{Rdz}	
		[kN/m]	[kNm/m]	[kN/m]	
1	Zat. případ 1 - Hlava	-196,87	0,00	0,00	Vyhovuje
		-657,36	-	105,37	
	Zat. případ 1 - Střed	-203,00	0,00	0,00	Vyhovuje
		-652,09	-	106,60	
	Zat. případ 1 - Pata	-209,12	0,00	0,00	Vyhovuje
		-657,36	-	107,82	

Mezní stav únosnosti - Vyhovuje

Mezní stav použitelnosti

Tloušťka (nejmenší rozměr) prvku $t_{ef} = 0,440 \text{ m} \geq 0,100 \text{ m} \Rightarrow$ Vyhovuje

Poměr výšky a tloušťky prvku $h/t_{ef} = 6,250 \leq 30,000 \Rightarrow$ Vyhovuje

Mezní stav použitelnosti - Vyhovuje

Celkové posouzení - Průřez Vyhovuje



Pouze pro nekomerční využití



3

Shrnutí porovnání mezi softwary a ručním výpočtem

Softwary jsou naprogramovány pro statické výpočty na základě platných norem a předpisů. Jedná se zejména o soustavu Eurokódů, u zdiva konkrétně ČSN EN 1996-1-1, které udávají postupy pro navrhování stavebních konstrukcí. Rozdíly ve výsledcích ovlivní nastavení schématického modelu (tělesový nebo drátový model, podepření a styky konstrukcí) a jeho zatížení, nastavení průběhu výpočtu interně prováděného v softwaru, dále nastavení míry bezpečnosti zaváděné do výpočtu nebo například softwarové zaokrouhlování hodnot. Porovnávané statické výpočty udávají po zavedení těchto rozdílů obdobné hodnoty výslednic. Výše provedené výpočty z části 7.3. i 7.4. lze tímto považovat za ověřené a vyhovující.

Porovnání softwarových programů s dvoudimenzionálními modely, které lze využít pro statický výpočet zděných konstrukcí, vyhodnocuje všechny porovnané programy jako vhodné pro provedení statického výpočtu. Pro podrobnější výpočet jsou určeny software Scia Engineer a ruční výpočet, který si autor výpočtu může modifikovat dle konkrétních potřeb výpočtu v souladu s platnými normami a předpisy. Programy softwaru FINE EC 2023 jsou vhodnější pro předběžné výpočty. Podrobnosti nabývají doplněním částečně ručním výpočtem nebo kombinací programu FINE EC 2D a Zdivo, kdy v prvním programu jsou stanoveny vnitřní síly působící na zděnou konstrukci od zatížení a ve druhém pak posouzení její únosnosti po zadání zjištěných vnitřních sil. Předběžný výpočet také může být proveden dle ČSN EN 1996-3 při dodržení ustanovených podmínek.

Porovnávané výpočty jsou vytvořeny pouze za účelem ověření hlavních výpočtů a jsou doplňkovým tématem této práce. Téma by mohlo být dále rozšířeno využitím dalších statických softwarových programů, například Dlubal RFEM, nebo namodelováním možných variací statického schématu konstrukcí či celé stavby. [1]

Doporučení pro návrh a nejlepší vhodná technická řešení zděných staveb

Zděné stěny jsou v současné době prováděny ze zdicích tvárnic na tenkovrstvou maltu, případně zdicí pěnu nebo lepidlo, převážně jako stěny sendvičové s vnějším tepelnou izolací nebo jako jednovrstvé z tepelně izolačních tvárnic. Tloušťka sendvičových stěn se pohybuje od (140) 175 do 300 mm, jednovrstvé pak od 300 do 500 mm. Tvárnice jsou kladeny centricky na sebe v řadách s převazbou jednotlivých tvárnic. Tloušťka zděné stěny se obvykle zachovává v několika podlažích nad sebou. Konstrukční stěnový systém stavby je vhodné navrhovat jako obousměrný s nosnými stěnami v podélném i příčném směru a doplněný o další ztužující stěny zachycující vodorovná zatížení. U obvodových stěn s menšími tloušťkami se doporučuje využít zdicích materiálů s vyšší pevností v tlaku P15, P20.

Uložení stropní konstrukce na zděnou stěnu může být provedeno v několika variantách, z analýzy vyplývá, že pro tloušťku obvodové sendvičové zděné stěny obvykle s vnějším kontaktním zateplovacím systémem **od (140) 175 do 300 mm** je vhodné uložit tuhou stropní konstrukci **na celou tloušťku stěny**, pro jednovrstvé stěny s tloušťkou **300 mm a více** je možné uložit stropní konstrukci pouze **na část stěny** a zbytek doplnit nenosnými prvky - tepelnou izolací či tepelnou izolací a věncovou tvárnici. **Částečné uložení** by mělo ideálně činit **2/3 t** stěny, dle normy ČSN EN 1996-1-1:2024 možno 1/2 t. **Tloušťka nenosné části tvořené zároveň věncovou tvárnici a tepelnou izolací by měla tvořit maximálně 1/3 t stěny. Toto doporučení usměrňuje velikost výstřednosti svislé síly vyvolané od zatížení stropní konstrukce, která nezůstává v těžišťovém jádru průřezu nosné stěny. Pro eliminaci tahového napětí a vzniku trhlin by dle teorie pružnosti měla svislá síla procházet těžišťovým jádrem, což odpovídá 1/6t** a rovněž vede k potřebě snížit tloušťku nenosné části, tepelné izolace. Pro snížení tloušťky tepelné izolace lze využít tepelně izolační materiály s lepším součinitelem tepelné vodivosti λ s hodnotou kolem 0,2-0,3 W/mK.

Tuhá stropní konstrukce může být tvořena monolitickou železobetonovou deskou, prefa-monolitickou deskou s filigránovými panely nebo se stropními nosníky a vložkami či z prefabrikovaných železobetonových panelů. Stropní konstrukci je potřeba doplnit ztužujícím věncem ze železobetonu. Rozpětí stropní konstrukce je doporučeno provádět s maximálním rozpětím do 5, případně 6 m. Omezení rozpětí a řešení stropních konstrukcí jako spojitých nosníků snižuje průhyb této konstrukce a přenáší zatížení na střední nosné stěny. Převzetí části zatížení středními stěnami zmenšuje zatížení na obvodové stěny, respektive na meziokenní pilíře v obvodových stěnách. U rozpětí stropních konstrukcí nad 6 m narůstá tloušťka a tíha těchto konstrukcí a zvětšuje se jejich průhyb. [1], [2], [32]

Seznam doporučení

- tloušťka obvodové zděné stěny od 240 do 500 mm s pevností P8, P10, P15, od 175 do 240 mm s vyšší pevností P15, P20
- pro sendvičové obvodové zděné stěny od tloušťky 175 do 300 mm je vhodné uložení stropní konstrukce včetně ztužujícího věnce na tloušťku stěny
- pro jednovrstvé obvodové zděné stěny od tloušťky 300 mm může být využito částečné uložení stropní konstrukce 2/3 t
- tloušťka nenosné části složené z věncové tvárnice a tepelné izolace max. 1/3 t
- tepelná izolace v místě ztužujícího věnce s hodnotou součinitele tepelné vodivosti $\lambda =$ kolem 0,2-0,3 W/mK pro zmenšení tloušťky této vrstvy
- rozpětí stropní konstrukce do 5 - 6 m pro obousměrný stěnový konstrukční systém

K doporučením jsou vytvořeny vzorové detaily viz Příloha 2 a 3.

Jedná se pouze o doporučení, jednotlivé konstrukce je vždy nutno ověřit statickým výpočtem.

Závěr diplomové práce

Téma kvalifikační diplomové práce bylo zvoleno na základě osobního zájmu o stavitelství a možnosti aplikování teoretických i praktických znalostí získaných po dobu studia na vysoké škole na specifické situace nebo problémy. Téma práce je zaměřeno na rozbor a doporučení technických řešení zděných staveb, konkrétně na statickou analýzu typových detailů v místě styku stropní konstrukce s obvodovou zděnou stěnou, a může být přínosné z několika důvodů. Rozbor a z něj vzešlá doporučení k této problematice přispívají k navržení a provádění vhodnějších návazností, postupů a standardizovaných pokynů pro profesionály z oboru stavitelství, které zlepší kvalitu a bezpečnost projektů, realizace a také funkce, výkonu a životnosti zděné stavby.

Účelem teoretické části je seznámení s obecnými informacemi a se základy problematiky diplomové práce aplikované dále v praktické části. Teoretická část pojednává o historickém vývoji a současně využívaných zdicích materiálů a jejich vlastností, o stavebních předpisech a základech navrhování zděných staveb z výpočtů podle Eurokódu 6 a podává informace o faktorech ovlivňujících řešení zděných staveb. Hlavním faktorem je prostorová tuhost zděné stavby zajištěná konstrukčním systémem stavby složeným ze svislých stěn a vodorovných stropních konstrukcí. Stropní konstrukce včetně ztužujícího věnce může být tvořena monolitickou železobetonovou deskou, prefamolitickou deskou z nosníků a vložek nebo filigránových desek s přebetonováním nebo prefabrikovanými panely.

Statický rozbor návaznosti obvodových zděných stěn s tuhými stropními konstrukcemi včetně ztužujících věnců doplněných o nenosnou část z tepelné izolace nebo věncové tvárnice spolu s tepelnou izolací je zpracován v praktické části. Statický model budovy je vyhotoven pro deset variant typových detailů styku stropní konstrukce se stěnou u vícepodlažní budovy. Aktualizovaný Eurokód 6 druhé generace, konkrétně pak norma ČSN EN 1996-1-1:2024 rozděluje návaznost styku stropní konstrukce se stěnou do dvou základních případů, které jsou dále děleny. Prvním případem je sendvičová stěna (s vnějším zateplovacím systémem) s uložením stropní konstrukce na celou tloušťku stěny nebo s vloženou nenosnou věncovou tvárnici pro zarovnání vnějšího líce. Druhým případem jsou jednovrstvé tepelně izolační stěny doplněné na vnějším líci ve styku se stropní konstrukcí o nenosnou část tepelné izolace, nebo věncové tvárnice a tepelné izolace zároveň. Při současném vložení věncové tvárnice a tepelné izolace se tento detail dále dělí podle tloušťky tepelné izolace na případ, kdy je tloušťka tepelné izolace max. 70 mm pro věncovou tvárnici tloušťky 80 mm (100 mm pro věncovou tvárnici tloušťky 50 mm) a zatížení od horní stavby je přenášeno pouze stropní konstrukcí včetně

ztužujícího věnce, a na případ, kdy je tloušťka tepelné izolace větší než 100 mm a část zatížení od horní stavby přebírá věncová tvárnice. Posouzení únosnosti zděné stěny je uveden v kapitole 8.1. a 8.2. normy ČSN EN 1996-1-1:2024, výstřednost působící svislé síly je řešena v přílohami C a F této normy. Norma stanovuje i další průběžné vzorce potřebné pro statický výpočet. Zatížení statického modelu je provedeno podle Eurokódu 1 a je kombinováno podle Eurokódu 0. Z výsledků plyne, že dochází k rozložení síly působící shora, kdy většinu této tlakové síly roznáší stropní konstrukce a přibližně 1/4 zatížení přebírá primárně nenosná věncová tvárnice. Vlivem výstřednosti působící síly a také výstřednosti od uložení stropní konstrukce je věncová tvárnice tažena či tlačena. Při navrhování je nutné s napětím působícím na věncovou tvárnici pracovat a zabránit tak jejímu možnému poškození. V hlavě zděné stěny dochází k působení trojúhelníkového, čtvercového až lichoběžníkového napětí. Nejvíce namáhanou částí je vnitřní líc zděné stěny. To platí pro celou výšku stěny.

Závěrečná část diplomové práce se věnuje porovnání provedeného statického výpočtu s ručním výpočtem a s výpočtem pomocí dalšího statického softwaru pro kontrolu a ověření správnosti výpočtu, a také pro srovnání možností využití jednotlivých softwarů, případně ručního výpočtu při navrhování zděných konstrukcí. Dále bylo zpracováno shrnutí výsledků vyplývajících ze statické analýzy v praktické části, na jejichž základě byl vypracován a popsán seznam vhodných doporučení pro navrhování návaznosti stropní konstrukce na zděné stěny. Zásadním doporučením je omezení tloušťky nenosné části tvořené obecně věncovou tvárnici a tepelnou izolací maximálně na 1/3 tloušťky zděné stěny pro zachování dostatečné délky uložení stropní konstrukce včetně ztužujícího věnce na stěnu. Délka uložení stropní konstrukce přímo ovlivní velikost excentricity působící síly od horní stavby. Z hlediska bezpečnosti nosné konstrukce a zabránění vzniku poruch je potřeba, aby svislá síla procházela těžišťovým jádrem zděné stěny. Malé uložení stropní konstrukce rovněž může způsobit přenos a soustředění svislé síly na okrajovou hranu vnitřního líce zdicí tvárnice umístěné v nejvyšší řadě obvodové stěny, kde by při nadměrném namáhání mohlo dojít k porušení této tvárnice, případně celé stěny.

Ke zhotovení práce bylo kromě již zmíněných dosažených znalostí z předchozích let studia využito univerzitních přednášek a skript, aktuálních norem a předpisů, a přístupné odborné literatury v knižní i v online podobě (viz Seznam použitých norem a literatury), a také softwarových programů Microsoft Word a Excel, Scia Engineer 22.0, FINE EC 2023 a ArchiCAD 25. Práce obsahuje teoretickou a praktickou část a přílohy. K práci je uloženo přenosné úložiště, na němž je vložen kompletní obsah diplomové práce v univerzálním formátu pdf. Soubory ze statických programů jsou uloženy v archivu autora práce.

Seznam použitých norem a literatury

- [1] autor diplomové práce – Bc. Nikola Soukupová, 2024.
- [2] ČSN EN 1996-1-1. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2024.
- [3] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, 2004.
- [4] VEJVARA, Luděk Ing. *Zděné Konstrukce*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2023. ISBN 978-80-88265-44-3.
- [5] SANTOS FORTE FARIA RODRIGUEZ, Maria Paulina. *Technologias de construção: Paradés*. Lisabon, 2023. Přednášky. NOVA School of Science of Technology.
- [6] *HedvabnaStezka.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.hedvabnastezka.cz/galerie/top-7-nejznamejsich-mayskych-pamatek-2/obrazek/46341/>
- [7] *Stavebnictvi3000.cz* [online]. HEJHÁLEK, Jan. 2021 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/historie-cihtly>
- [8] HARVARD UNIVERSITY. *Whose Culture?* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://projects.iq.harvard.edu/whoseculture/hagia-sophia>
- [9] BABÁNKOVÁ, Jaroslava Ing. *Stavební materiály 2*. [online]. 2013 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17769477-Stavebni-materialy-2-1-tradicni-sortiment-cihtel-a-tvarnic-2-cihtelne-prvky-pro-svisle-a-3-vodorovne-konstrukce.html>. Přednáška.
- [10] Jak postavit zeď z cihel plných pálených. *StavebníVzdělání.cz* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.stavebni-vzdelani.cz/stavba-cihtelne-zdi/>
- [11] WIENERBERGER. [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz>
- [12] HELUZ. [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz>
- [13] XELLA CZ. [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: https://www.xella.cz/cs_CZ/
- [14] KM BETA. [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: https://www.kmbeta.cz/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwzZmwBhD8ARIsAH4vlgUu_4WnrIRl1yxuxYfkUSfq-jUf-NCWqi5oPX44ZgeKJrD7e51P6ekaAlOtEALw_wcB
- [15] BS - GROUP. *Livetherm* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.betonstavby.cz>
- [16] *Prefa Brno* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz>
- [17] *Porfix* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.porfix.cz>
- [18] *Liapor* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz>
- [19] *Durisol* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <http://www.durisol-zdivo.cz>
- [20] PAŠEK, PH.D., Jan Ing. doc., VEJVARA PH.D., Luděk Ing., PETRÁŠ, PH.D., MSc., Václav Ing., NOVÁK PH.D., Michal Ing., KUBÁT PH.D., Jan Ing., *Stavitelství 1-7*. Plzeň, 2018-2022. Přednášky. Západočeská univerzita - Fakulta Aplikovaných věd – Bakalářský studijní program – Stavitelství – Pozemní stavby

- [21] *Amorim Cork insulation* [online]. 2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.amorimcorkinsulation.com/o-processo/o-produto/>
- [22] JENEŠ, Rostislav Ing. a Božena Ing. PODROUŽKOVÁ. *Zděné konstrukce: Základy navrhování*. Brno, 2005. Skripta. VUT Brno.
- [23] *Zděné konstrukce: typ, význam, vlastnosti a zásady dimenzování zdiva*. Brno, 2005. Přednáška. VUT Brno.
- [24] WATSON, Walter Crum. *Portuguese architecture* [online]. 1908 [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.gutenberg.org/cache/epub/29370/pg29370-images.html>
- [25] NEUFERT, Ernst. *Navrhování staveb*. 2. Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662.
- [26] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. JAGA group, 2004. ISBN 80-8076-007-1.
- [27] LEMÁK, Daniel Ing. a Luděk Ing. VEJVARA, PH.D. *Stále dokonalejší cihly začínají dělat starosti statikům* [online]. ČKAIT [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.ckait.cz/stale-dokonalejsi-cihly-zacinaji-delat-starosti-statikum>
- [28] *Why brick?* [online]. Brick architecture, 2017 [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://brickarchitecture.com/about-brick/why-brick/why-brick>
- [29] KOŠATKA, CSC., Pavel Ing. *Stanovení únosnosti styčné spáry soklu obvodové stěny* [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-stanoveni-unosnosti-stycne-spary-soklu-obvodove-steny.html>
- [30] *Příčiny poruch svislých a vodorovných konstrukcí* [online]. Cihlářský svaz Čech a Moravy [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://cscm.cz/proc-stavet-z-cihel/priciny-poruch-svislych-a-vodorovnych-konstrukci/>
- [31] ROSSI, Corina. *Pyramids*. *Oxford Classical Dictionary* [online]. 2021 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://oxfordre.com/classics/display/10.1093/acrefore/9780199381135.001.0001/acrefore-9780199381135-e-8664?d=%2F10.1093%2F9780199381135.001.0001%2Fa>
- [32] VEJVARA, PH.D., Luděk Ing. *Zděné konstrukce*. Plzeň, 2020. Přednášky. Západočeská univerzita - Fakulta Aplikovaných věd.
- [33] VEJVARA, PH.D., Luděk Ing. *Zděné konstrukce I a II*. Plzeň, 2016 a 2021. Skripta. Západočeská univerzita. ISBN 978-80-261-0578-7 a ISBN 978-80-261-0480-3.
- [34] SYROVÝ, Bohuslav. *Architektura svědectví dob: Přehled vývoje stavitelství a architektury*. 1. vyd. Praha: Stát. nakl. tech. lit, 1974. 447 s. : il.
- [35] STEVENSON, Neil. *Architektura*. Vyd. 2. Praha: Knižní klub, 2008. 112 s. : Obrazový průvodce. ISBN 978-80-242-2177-9.

Dále bylo čerpáno ze seznamu norem v části 3.1. Stavební předpisy. Označení těchto norem jsou přímo zmíněny v některých pasážích diplomové práce.

Softwarové programy

Microsoft Word a Excel - <https://www.microsoft.com/cs-cz>

ArchiCAD 25 - <https://graphisoft.com/solutions/archicad>

Scia Engineer 22.1 - <https://www.scia.net/cs>

Seznam tabulek

Tabulka č.1: Součinitel vyztužení ρ_t pro stěny vyztužené pilíři [2]	32
Tabulka č. 2: Geometrické požadavky na zařazení zdících prvků do skupin [2]	33
Tabulka č. 3: Součinitel K pro zdivo s obyčejnou maltou, maltou pro tenké spáry a lehkou maltou [2]	34
Tabulka č. 4: Dílčí součinitel materiálu γ_M [2].....	35
Tabulka č. 5: Tabulka hodnot výsledného napětí σ_y - ze statického výpočtu v Scia Engineer [1]	132

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Megalitická kamenná stavba Stonehenge, Anglie. [1].....	14
Obrázek č. 2 a 3: Dashurova pyramida v Egyptě a mayská pyramida v Mexiku. [31],[6].....	14
Obrázek č. 4 a 5: Zobrazení uhnětených cihel s otisky po prstech, chrám Hagia Sofia. [7],[8].....	14
Obrázek č. 6 a 7: Koloseum – amfiteátr v Římě a pozůstatek kolonády v Pompejích. [1]	15
Obrázek č. 8 a 9: Chrám sv. Barbory v Kutné Hoře a hrad Rábí. [1].....	16
Obrázek č. 12, 13 a 14: Pálená cihla voštinová, cihla metrického formátu CDm, stropní vložka. [9]	18
Obrázek č. 15: Převazba cihel plných pálených pro tloušťky nosné stěny 600, 450 a 300 mm. [10]	19
Obrázek č. 16 a 17: Tepelně-izolační tvárnice a pálená svisle děrovaná tvárnice pro obvodovou stěnu. [11],[12]	20
Obrázek č. 18: Proces zdění dutinových keramických tvárníc. [12]	20
Obrázek č. 19: Nepálená hliněná tvárnice. [12]	21
Obrázek č. 20 a 21: Vápenopísková tvárnice a proces zdění z vápenopískových tvárníc. [13], [14].....	22
Obrázek č. 22 a 23: Nosné betonová tvárnice. [15],[16].....	23
Obrázek č. 24 a 25: Tvárnice z pórobetonu a proces zdění obvodové stěny z pórobetonu. [13],[17]	24
Obrázek č. 26 a 27: Keramzitová tvárnice a zdivo smíšené. [18],[1].....	25
Obrázek č. 28 a 29: Velkoformátové zdící prvky. [13]	26
Obrázek č. 33: Součinitel ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ dle EC6:2007. [1] ..	38
Obrázek č. 34: Součinitel ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ dle EC6:2024. [1] ..	39
Obrázek č. 36: Porovnání součinitele ϕ_m v závislosti na štíhlosti h/t a výstřednosti e_{mk} pro $E = 1000 f_k$ pro původní normu ČSN EN 1996-1-1:2007 (plná čára) a novou normu ČSN EN 1996-1-1:2024 1.metoda (čárkovaná čára) a 2.metoda (tečkovaná čára). [1].....	40
Obrázek č. 37: Grafické zobrazení rozměrů pro výpočet soustředného zatížení. [2]	41
Obrázek č. 38: Schéma skladby zdiva jednovrstvého a sendvičového. [1]	44
Obrázek č. 39 a 40: Vazba zdiva pro prvky výšky 65 mm a prvky výšky 250 mm. [1]	45
Obrázek č.41 a 42: Běhounová vazba z cihel pálených a vazáková vazba z dutinových bloků. [1]	45
Obrázek č. 43: Maximální dovolené odchylky zděných konstrukcí od svislice. [1]	47
Obrázek č. 44: Druhy stěn v konstrukčním stěnovém systému [1]	49
Obrázek č. 46: Schéma rozložení sil od stropní konstrukce a horní stavby. [1].....	50
Obrázek č. 47 a 48: Pozední věnec z ocelových táhel – řez + půdorys. [20]	52

Obrázek č. 49: Současné provádění ztužující železobetonového věnce. [11]	52
Obrázek č. 50: Schéma působící sil od střešní konstrukce na zděnou stěnu [1].....	53
Obrázek č. 51 a 52: Počátky portugalské architektury - Římský chrám v Évoře a hrad Castelo dos Mouros v Sintře zděný ze žuly a gabra. [1]	55
Obrázek č. 53 a 54: Románská architektura – Katedrála v Coimbre. [1].....	55
Obrázek č. 55 a 56: Gotický sloh – Convento do Carmo v Lisabonu a katedrála v Évoře. [1].....	56
Obrázek č. 57 a 58: Manueline - Belémská věž a klášter jeronymitů v Lisabonu. [1].....	56
Obrázek č. 59: Renaissance – portál Univerzita v Coimbre. [1].....	56
Obrázek č. 60: Manýrismus – klášter São Vicente de Fora. [1].....	57
Obrázek č. 61 a 62: Zástupci barokní architektury – kostel svatě Engrácie a palác v Mafře. [1]	57
Obrázek č. 63: Náměstí Praça do Comércio ve čtvrti Baixa. [1].....	58
Obrázek č. 64 a 65: Neomanuelský styl – palác Quinta da Regaleira v Sintře a nádraží Rossio, Lisabonu. [1]...	58
Obrázek č. 66 a 67: Neomaurský sloh - Býčí aréna na Campo Pequeno v Lisabonu a palác Pena v Sintře. [1]...	58
Obrázek č. 68 a 69: Železná architektura – Ponte de Luís I. v Portu a výtah Santa Justa v Lisabonu. [1].....	59
Obrázek č. 70: Současnost – Casa da Música v Portu. [1]	59
Obrázek č. 71 a 72: Azulejos na kapli svatě Kateřiny v Portu a korková izolace. [1],[21].....	59
Obrázek č. 73: Vývoj zděných stěn v Portugalsku. [5]	60
Obrázek č. 74 a 75: Výplňová zděná stěny z keramických tvárnic. [5],[1].....	61
Obrázek č. 76 a 77: Prefamonolitická stropní konstrukce z předpjatých nosníků a vložek se ztužujícím prvkem.[5].....	61
Obrázek č. 78 a 79: Železobetonový vylehčený strop. [5]	61
Obrázek č. 80, 81 a 82: Schéma jednopodlažní stavby, nízkopodlažní stavby a vícepodlažní stavby. [1]	63
Obrázek č. 84 a 85: Schéma pružné soustavy a tuhé soustavy. [1]	65
Obrázek č. 86: Působení momentů ve vetknutí stropní konstrukce na zdivo. [1]	67
Obrázek č. 87: Stropní konstrukce působící jako prostý nosník – tvar momentů. [1].....	69
Obrázek č. 88, 89, 90 a 91: Podkladní materiál pod strop či nosník – malta, plech, asfaltový pás a věnec. [1] ...	70
Obrázek č. 92, 93 a 94: Varianta 1 a Varianta 2 a Varianta 3. [1].....	71
Obrázek č. 95, 96 a 97: Varianta 4 a Varianta 5 a Varianta 6. [1].....	72
Obrázek č. 98 a 99: Varianta 7 a Varianta 8. [1].....	72
Obrázek č. 100 a 101: Varianta 9 a Varianta 10. [1].....	72
Obrázek č. 102: Keramická tvárnice s tloušťkou 440 mm pro obvodovou nosnou stěnu. [1]	73
Obrázek č. 103: Keramická tvárnice s tloušťkou 300 mm pro vnitřní nosnou stěnu. [1].....	73
Obrázek č. 104: Železobetonová monolitická stropní konstrukce. [1].....	73
Obrázek č. 105: Keramická věncová tvárnice v tloušťce 80 mm. [1]	74
Obrázek č. 106: Keramická věncová tvárnice v tloušťce 200 mm. [1]	74
Obrázek č. 107: Betonová věncová tvárnice v tloušťce 70 mm. [1]	74
Obrázek č. 108 a 109: Ukázka prvního modelu - model konstrukce se zatížením a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1].....	75

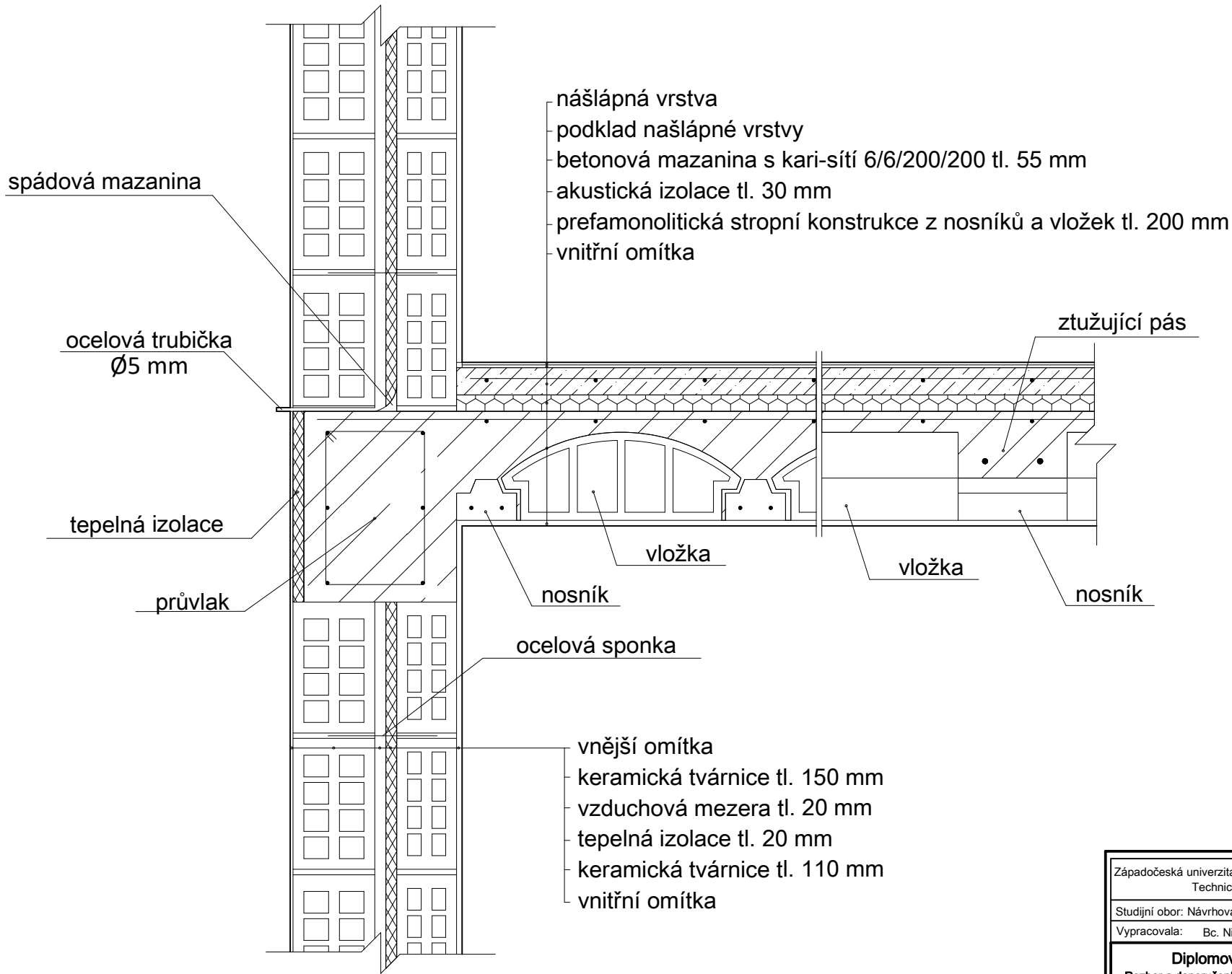
Obrázek č. 110 a 111: Ukázka druhého modelu – model konstrukce se zatížením na střední osu stěny v 220 mm a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1]	76
Obrázek č. 112 a 113: Ukázka druhého modelu – model konstrukce se zatížením v 300 mm a výsledné napětí σ_y - ve variantě 4. [1]	76
Obrázek č. 114 a 115: Ukázka druhého modelu – výsledné napětí σ_y - na obvodové stěně a věncové tvárnici pro zatížení silou v 220 a 300 mm. [1]	77
Obrázek č. 116: Ukázka finálního modelu – model konstrukce pro variantu 4. [1]	78
Obrázek č. 117: Ukázka finálního modelu – model zatížení – ostatní stálé zatížení pro variantu 4. [1]	79
Obrázek č. 118: Ukázka finálního modelu – model zatížení – proměnná zatížení pro variantu 4. [1]	80
Obrázek č. 119: Ukázka finálního modelu – návrhové napětí σ_y - – střední nosná stěna pro variantu 4. [1]	81
Obrázek č. 120: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	82
Obrázek č. 121: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	83
Obrázek č. 122: Varianta 1 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	84
Obrázek č. 123: Varianta 1 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	85
Obrázek č. 124: Varianta 1 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	86
Obrázek č. 125: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	87
Obrázek č. 126: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	88
Obrázek č. 127: Varianta 2 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	89
Obrázek č. 128: Varianta 2 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	90
Obrázek č. 129: Varianta 2 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	91
Obrázek č. 130: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	92
Obrázek č. 131: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	93
Obrázek č. 132: Varianta 3 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	94
Obrázek č. 133: Varianta 3 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	95
Obrázek č. 134: Varianta 3 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	96
Obrázek č. 135: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	97
Obrázek č. 136: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	98
Obrázek č. 137: Varianta 4 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	99
Obrázek č. 138: Varianta 4 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	100
Obrázek č. 139: Varianta 4 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	101
Obrázek č. 140: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	102
Obrázek č. 141: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	103
Obrázek č. 142: Varianta 5 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	104
Obrázek č. 143: Varianta 5 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	105
Obrázek č. 144: Varianta 5 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	106
Obrázek č. 145: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y - – celý model. [1]	107
Obrázek č. 146: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	108
Obrázek č. 147: Varianta 6 – návrhové napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	109
Obrázek č. 148: Varianta 6 – charakteristické napětí σ_y - – stěna v nejnižším podlaží. [1]	110

Obrázek č. 149: Varianta 6 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	111
Obrázek č. 150: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1].....	112
Obrázek č. 151: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	113
Obrázek č. 152: Varianta 7 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	114
Obrázek č. 153: Varianta 7 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	115
Obrázek č. 154: Varianta 7 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	116
Obrázek č. 155: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1].....	117
Obrázek č. 156: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	118
Obrázek č. 157: Varianta 8 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	119
Obrázek č. 158: Varianta 8 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	120
Obrázek č. 159: Varianta 8 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	121
Obrázek č. 160: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1].....	122
Obrázek č. 161: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	123
Obrázek č. 162: Varianta 9 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	124
Obrázek č. 163: Varianta 9 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	125
Obrázek č. 164: Varianta 9 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	126
Obrázek č. 165: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – celý model. [1].....	127
Obrázek č. 166: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1]	128
Obrázek č. 167: Varianta 10 – návrhové napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	129
Obrázek č. 168: Varianta 10 – charakteristické napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	130
Obrázek č. 169: Varianta 10 – celkové přetvoření u_{tot} – celý model. [1]	131
Obrázek č. 170: Ukázka finálního modelu pro užitné zatížení kategorie B – zatížení modelu. [1]	135
Obrázek č. 171: Ukázka finálního modelu pro užitné zatížení kategorie B – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	136
Obrázek č. 172: Ukázka finálního modelu pro užitné zatížení kategorie C – model zatížení. [1]	137
Obrázek č. 173: Ukázka finálního modelu pro užitné zatížení kategorie C – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	138
Obrázek č. 174: Ukázka finálního modelu – stropní konstrukce z prefabrikovaných panelů – výsledné napětí σ_y - stěna v nejvyšším podlaží. [1].....	139
Obrázek č. 175: Ukázka finálního modelu – stropní konstrukce z prefabrikovaných panelů – výsledné napětí σ_y - stěna v nejnižším podlaží. [1]	140
Obrázek č. 176: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál pro stěny v nejnižším podlaží. [1].....	141
Obrázek č. 177: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál pro stěny v dalších podlažích. [1]	141
Obrázek č. 178: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – materiál věncové tvárnice [1].....	141
Obrázek č. 179: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – výsledné napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1].....	142
Obrázek č. 180: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou hmotností – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	143

Obrázek č. 181: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou pevností; prefabrikované panely – výsledné napětí σ_y – stěna v nejvyšším podlaží. [1].....	144
Obrázek č. 182: Ukázka finálního modelu – zdicí materiál s nižší objemovou pevností; prefabrikované panely – výsledné napětí σ_y – stěna v nejnižším podlaží. [1]	145
Obrázek č. 183: Scia Engineer – Varianta modelu 1 – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	147
Obrázek č. 184: Scia Engineer – Varianta 4 – stěna v nejnižším podlaží. [1].....	148
Obrázek č. 185: FINE EC 2023 2D – model konstrukce. [1].....	149
Obrázek č. 186: FINE EC 2023 2D – výsledné hodnoty svislé tlakové síly v kN. [1].....	150
Obrázek č. 187: Úvodní a výsledkový list výpočtu. [1].....	151
Obrázek č. 188: Materiál a geometrie zdiva. [1].....	152
Obrázek č. 189: Zatížení působící na stěnu – část 1. [1].....	153
Obrázek č. 190: Zatížení působící na stěnu – část 2. [1].....	154
Obrázek č. 191: Zatížení působící na stěnu – část 3. [1].....	155
Obrázek č. 192: Mechanické vlastnosti zdiva. [1]	156
Obrázek č. 193: Posouzení zděné stěny v nejnižším podlaží objektu. [1].....	157
Obrázek č. 194: FINE EC 2023 – Zdivo – vstupní data. [1].....	158
Obrázek č. 195: FINE EC 2023 – Zdivo – průběh výpočtu. [1].....	159
Obrázek č. 196: FINE EC 2023 – Zdivo – výsledky. [1].....	160

Přílohy

- Příloha 1 – Výkres č. 1: Detail návaznosti stěna – strop v Portugalsku [1]
- Příloha 2 – Výkres č. 2: Detail uložení stropu na celou tloušťku stěny [1]
- Příloha 3 – Výkres č. 3: Detail uložení stropu s věncovou tvárnici a TI [1]
- Příloha 4 – Statický výpočet – Model konstrukce v softwaru FINE EC 2023 – 2D [1]



nášlápná vrstva
 podklad nášlápné vrstvy
 betonová mazanina s kari-sítí 6/6/200/200 tl. 55 mm
 akustická izolace tl. 30 mm
 prefamonolitická stropní konstrukce z nosníků a vložek tl. 200 mm
 vnitřní omítka

spádová mazanina

ocelová trubička
Ø5 mm

ztužující pás

tepelná izolace

průvlak

vložka


nosník

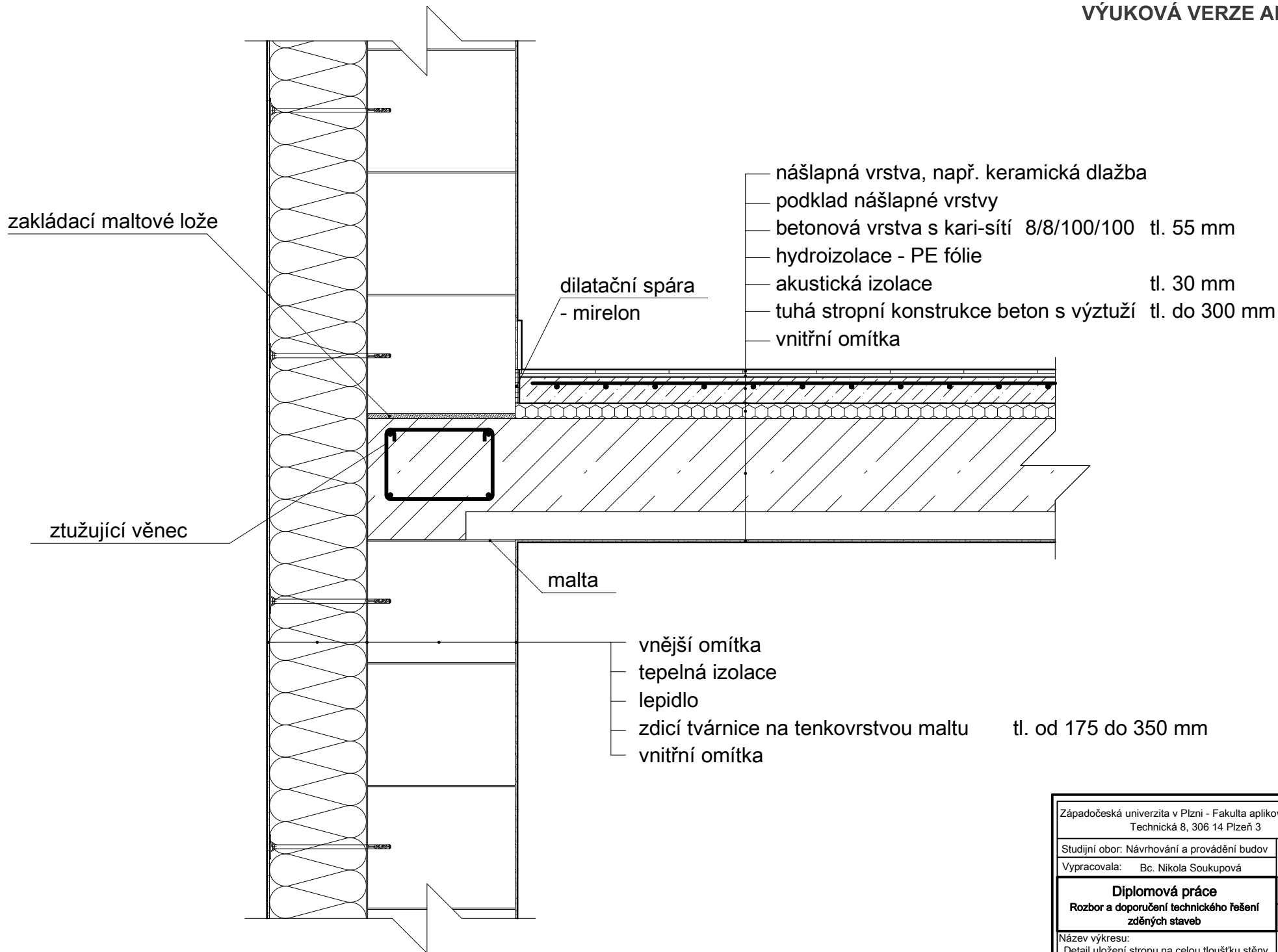
vložka

nosník

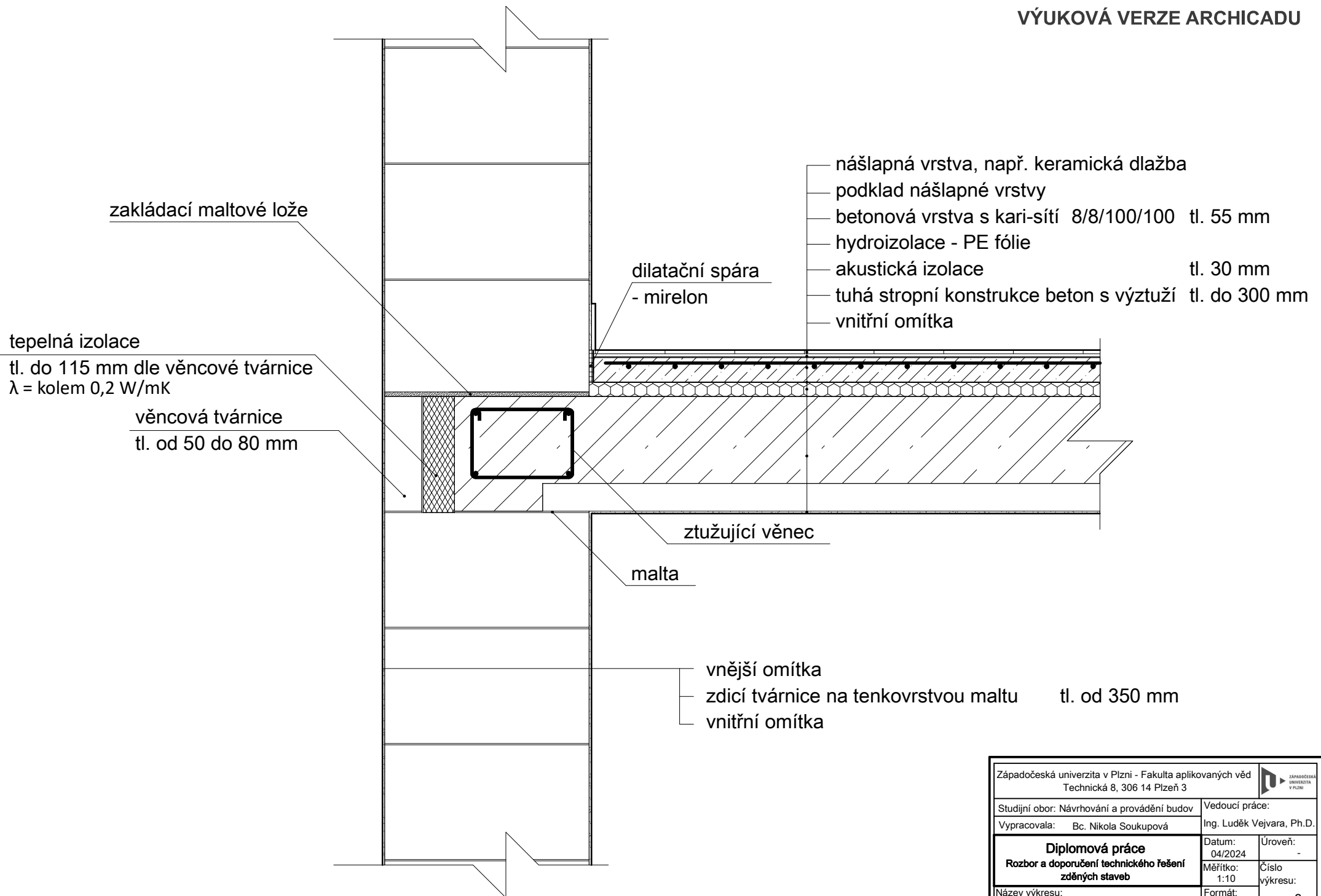
ocelová sponka


vnější omítka
 keramická tvárnice tl. 150 mm
 vzduchová mezera tl. 20 mm
 tepelná izolace tl. 20 mm
 keramická tvárnice tl. 110 mm
 vnitřní omítka

Západočeská univerzita v Plzni - Fakulta aplikovaných věd Technická 8, 306 14 Plzeň 3			
Studijní obor: Návrhování a provádění budov	Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.		
Vypracovala: Bc. Nikola Soukupová	Datum: 01/2024 Úroveň: -		
Diplomová práce Rozbor a doporučení technického řešení zděných staveb		Měřítko: 1:10	Číslo výkresu:
		Formát: A4	
Název výkresu: Detail návaznosti stěna-strop v Portugalsku	1		



Západočeská univerzita v Plzni - Fakulta aplikovaných věd Technická 8, 306 14 Plzeň 3			
Studijní obor: Návrhování a provádění budov	Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.		
Vypracovala: Bc. Nikola Soukupová	Datum: 04/2024 Úroveň: -		
Diplomová práce Rozbor a doporučení technického řešení zdivných staveb		Měřítko: 1:10	Číslo výkresu:
		Název výkresu: Detail uložení stropu na celou tloušťku stěny	Formát: A4 2



Západočeská univerzita v Plzni - Fakulta aplikovaných věd Technická 8, 306 14 Plzeň 3			
Studijní obor: Návrhování a provádění budov	Vedoucí práce: Ing. Luděk Vejvara, Ph.D.		
Vypracovala: Bc. Nikola Soukupová	Datum: 04/2024	Úroveň: -	
Diplomová práce Rozbor a doporučení technického řešení zdivných staveb		Měřítko: 1:10	Číslo výkresu:
		Název výkresu: Detail uložení stropu s věncovou tvárnici a TI	Formát: A4

1 Projekt

Akce : stěna - fin 2d var 3 klouby

Datum : 28.04.2024

2 Vstupní údaje

2.1 Parametry profilů dílců

Průřezové charakteristiky profilů dílců:

Průřez	Plocha průřezu	Smyk. plocha	Mom. setrv.	Sklon hl. os.
	A [mm ²]	A _z [mm ²]	I _{yh} [mm ⁴]	φ [°]
obdélník 1000x440	440000,0	366666,7	7,09867E+09	0,00
obdélník 1000x250	250000,0	208333,3	1,30208E+09	0,00

Materiálové charakteristiky profilů dílců:

Materiál	Modul pružnosti	Smykový modul	Koef. tepl. rozt.	Měrná tíha
	E [MPa]	G [MPa]	α _t [1/K]	γ [kN/m ³]
Zdivo z dutých cihel	3,320E+03	1,328E+03	6,000E-06	7,50
C 25/30	31,00E+03	12,92E+03	10,00E-06	25,00

2.2 Zatěžovací stavy

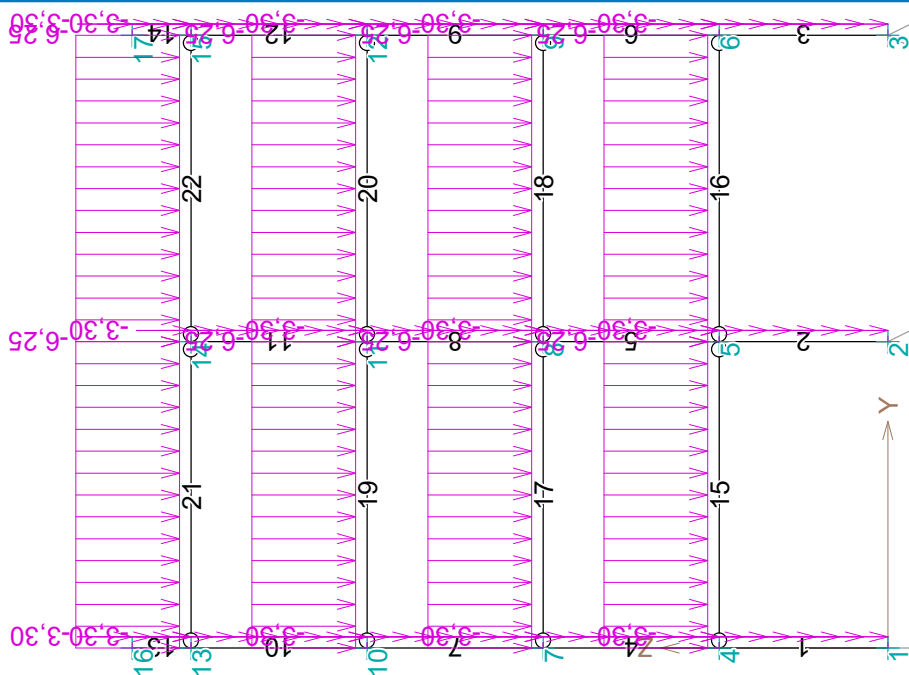
č.	Název	Kód	Typ	Jako* hlavní	Y _f (Y _{f,inf})**	Součinitele pro kombinace				
						ξ	Kateg.***	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
1	G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	-	1,35(0,90)	0,85	-	-	-	-
2	G2 silové-stálé - podlahy	Silové	Stálé	-	1,35(0,90)	0,85	-	-	-	-
3	Q3 silové-proměnné dlouhodobé	Silové	Proměnné dlouhodobé	ANO	1,50	-	A	0,70	0,50	0,30
4	S4 silové-proměnné střednědobé sníh	Silové	Proměnné střednědobé sníh	ANO	1,50	-	H<1000	0,50	0,20	0,00

* zatížení působí v kombinacích jako hlavní proměnné

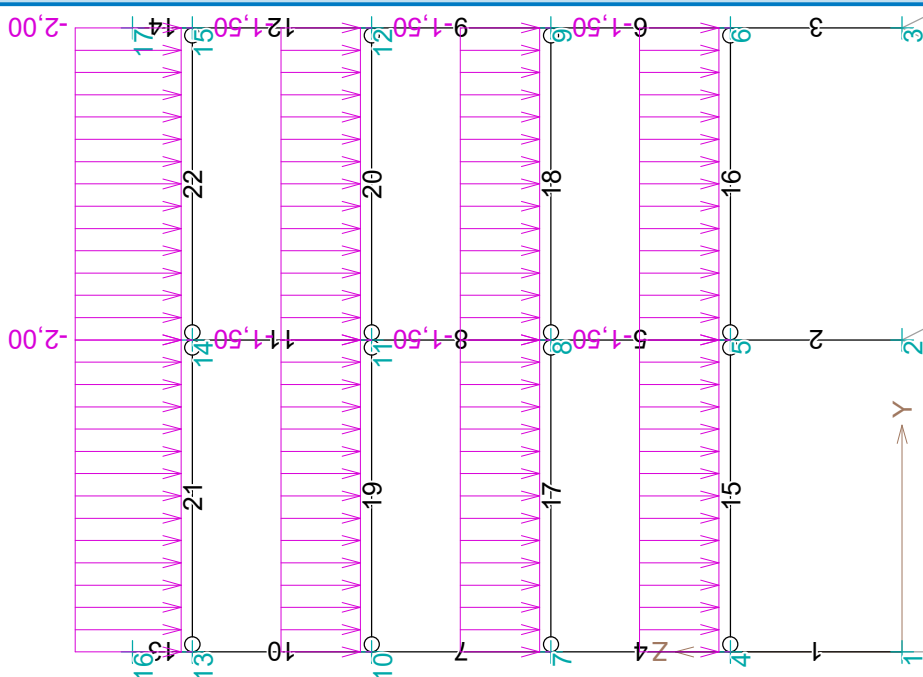
** Y_{f,inf} pro příznivě působící stálá zatížení

*** Kategorie proměnných zatížení podle tabulky A1.1 v EN 1990

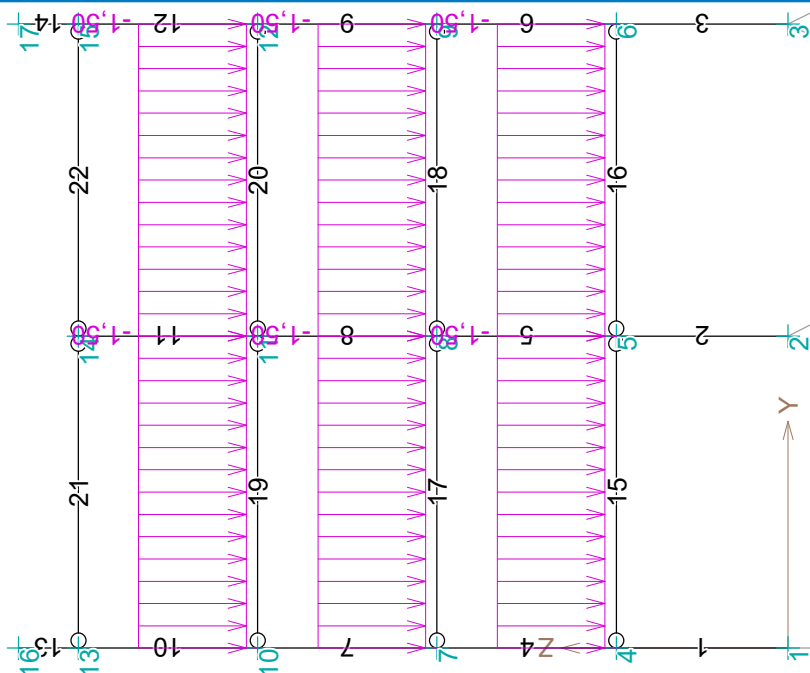
Název: Vlastní tíha konstrukce



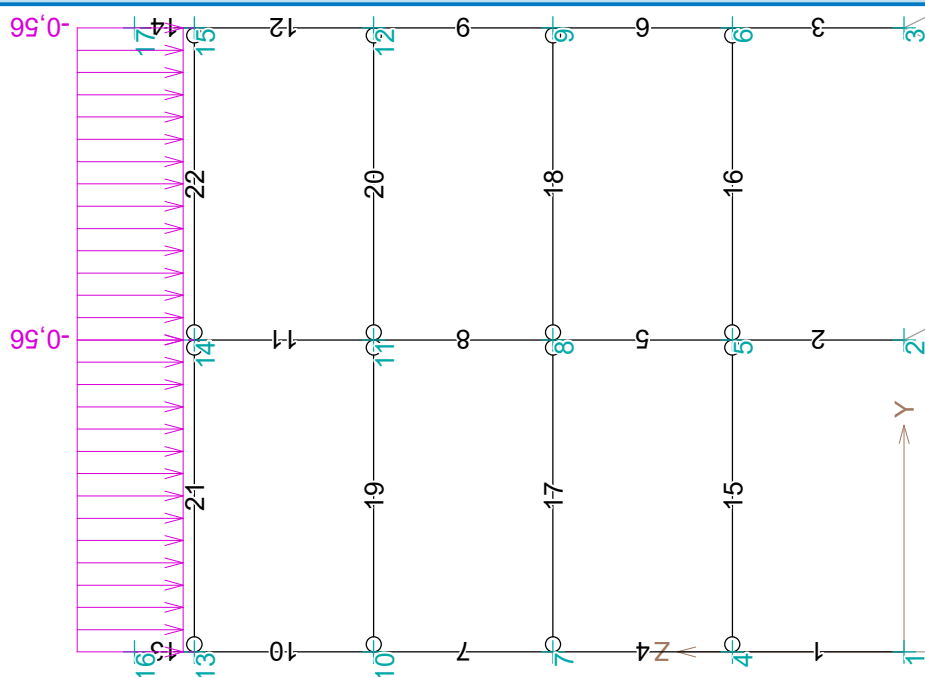
Název: Ostatní stálé zatížení



Název: Užité zátížení



Název: Zatížení od sněhu



2.3 Kombinace pro výpočet podle 1.řádu

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Číslo	Název a druh kombinace
	Složení
1	G1+G2; základní kombinace
	$Y_{f,sup,1}(1,35)*G1 + Y_{f,sup,2}(1,35)*G2$

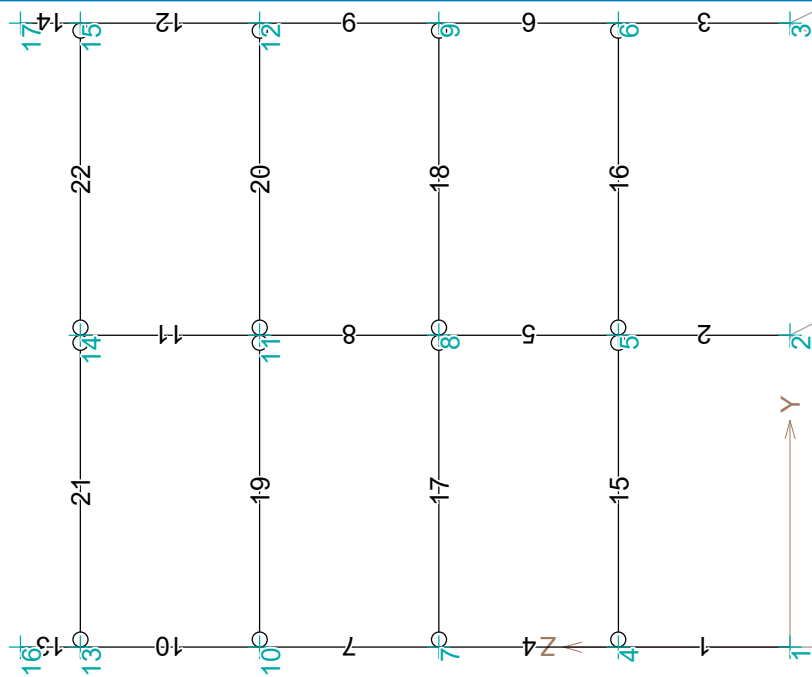


Pouze pro nekomerční využití



Číslo	Název a druh kombinace
	Složení
2	S4:G1+G2; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1}(1,35)*G1 + \gamma_{f,sup,2}(1,35)*G2 + \gamma_{f,sup,4}(1,50)*S4$
3	Q3:G1+G2; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1}(1,35)*G1 + \gamma_{f,sup,2}(1,35)*G2 + \gamma_{f,sup,3}(1,50)*Q3$
4	Q3:G1+G2+S4; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1}(1,35)*G1 + \gamma_{f,sup,2}(1,35)*G2 + \gamma_{f,sup,3}(1,50)*Q3 + \gamma_{f,sup,4}(1,50)*\psi_{0,4}(0,50)*S4$
5	S4:G1+G2+Q3; základní kombinace $\gamma_{f,sup,1}(1,35)*G1 + \gamma_{f,sup,2}(1,35)*G2 + \gamma_{f,sup,4}(1,50)*S4 + \gamma_{f,sup,3}(1,50)*\psi_{0,3}(0,70)*Q3$

Název: Model konstrukce



3 Výsledky

3.1 Vnitřní síly v s. s. dílce pro kombinace I.řádu, MSÚ

3.1.1 Extrémy vnitřních sil

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Kombinace I.řád, MSÚ		Pozice [m]	Vnitřní síly		
č.	Název		N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]
Dílec č.1: 1 ---- 4, délka 2,875 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-187,06	0,00	0,00
Dílec č.2: 2 ---- 5, délka 2,875 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-312,31	0,00	0,00
Dílec č.3: 3 ---- 6, délka 2,875 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-187,06	0,00	0,00
Dílec č.4: 4 ---- 7, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-141,07	0,00	0,00



Pouze pro nekomerční využití



Kombinace I.řád, MSÚ		Pozice [m]	Vnitřní síly		
č.	Název		N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]
Dílec č.5: 5 ---- 8, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-233,14	0,00	0,00
Dílec č.6: 6 ---- 9, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-141,07	0,00	0,00
Dílec č.7: 7 ---- 10, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-94,53	0,00	0,00
Dílec č.8: 8 ---- 11, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-153,42	0,00	0,00
Dílec č.9: 9 ---- 12, délka 3,000 m					
4	Q3:G1+G2+S4	0,000	-94,53	0,00	0,00
Dílec č.10: 10 ---- 13, délka 3,000 m					
2	S4:G1+G2	0,000	-49,08	0,00	0,00
Dílec č.11: 11 ---- 14, délka 3,000 m					
2	S4:G1+G2	0,000	-75,89	0,00	0,00
Dílec č.12: 12 ---- 15, délka 3,000 m					
2	S4:G1+G2	0,000	-49,08	0,00	0,00
Dílec č.13: 13 ---- 16, délka 1,000 m					
1	G1+G2	0,000	-4,45	0,00	0,00
Dílec č.14: 15 ---- 17, délka 1,000 m					
1	G1+G2	0,000	-4,45	0,00	0,00
Dílec č.15: 4 o----o 5, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20
Dílec č.16: 5 o----o 6, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20
Dílec č.17: 7 o----o 8, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20
Dílec č.18: 8 o----o 9, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20
Dílec č.19: 10 o----o 11, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20
Dílec č.20: 11 o----o 12, délka 5,220 m					
3	Q3:G1+G2	0,000	0,00	-33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	5,220	0,00	33,18	0,00
3	Q3:G1+G2	2,486	0,00	-1,58	43,20

Kombinace I.řád, MSÚ		Pozice [m]	Vnitřní síly		
č.	Název		N [kN]	V ₃ [kN]	M ₂ [kNm]
Dílec č.21: 13 o----o 14, délka 5,220 m					
2	S4:G1+G2	0,000	0,00	-31,26	0,00
2	S4:G1+G2	5,220	0,00	31,26	0,00
2	S4:G1+G2	2,486	0,00	-1,49	40,70
Dílec č.22: 14 o----o 15, délka 5,220 m					
2	S4:G1+G2	0,000	0,00	-31,26	0,00
2	S4:G1+G2	5,220	0,00	31,26	0,00
2	S4:G1+G2	2,486	0,00	-1,49	40,70

3.2 Vnitřní síly v s. s. dílce pro kombinace I.řádu, MSP

Kombinace nejsou zadané

3.3 Reakce pro kombinace I.řádu, MSÚ

3.3.1 Reakce po styčnicích

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Kombinace I.řád, MSÚ		Reakce		
č.	Název	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Styčnick č.1 - abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m				
1	G1+G2	0,00	168,35	0,00
2	S4:G1+G2	0,00	170,54	0,00
3	Q3:G1+G2	0,00	185,97	0,00
4	Q3:G1+G2+S4	0,00	187,06	0,00
5	S4:G1+G2+Q3	0,00	182,87	0,00
Styčnick č.2 - abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m				
1	G1+G2	-	274,88	-
2	S4:G1+G2	-	279,27	-
3	Q3:G1+G2	-	310,12	-
4	Q3:G1+G2+S4	-	312,31	-
5	S4:G1+G2+Q3	-	303,93	-
Styčnick č.3 - abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m				
1	G1+G2	-	168,35	-
2	S4:G1+G2	-	170,54	-
3	Q3:G1+G2	-	185,97	-
4	Q3:G1+G2+S4	-	187,06	-
5	S4:G1+G2+Q3	-	182,87	-

3.3.2 Reakce po kombinacích

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Styčnick			Reakce		
č.	Popis styčnicku	Natočení [°]	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Kombinace č.1 - G1+G2					
1	abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m		0,00	168,35	0,00
2	abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m		-	274,88	-
3	abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m		-	168,35	-



Pouze pro nekomerční využití



Styčnick			Reakce		
č.	Popis styčnicku	Natočení [°]	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Kombinace č.2 - S4:G1+G2					
1	abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m		0,00	170,54	0,00
2	abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m		-	279,27	-
3	abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m		-	170,54	-
Kombinace č.3 - Q3:G1+G2					
1	abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m		0,00	185,97	0,00
2	abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m		-	310,12	-
3	abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m		-	185,97	-
Kombinace č.4 - Q3:G1+G2+S4					
1	abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m		0,00	187,06	0,00
2	abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m		-	312,31	-
3	abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m		-	187,06	-
Kombinace č.5 - S4:G1+G2+Q3					
1	abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m		0,00	182,87	0,00
2	abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m		-	303,93	-
3	abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m		-	182,87	-

3.3.3 Extrémy reakcí

Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Kladné extrémy:

Max. reakce	Kombinace	Styčnick	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Max.R _y	Kombinace 1	1	0,00	168,35	0,00
Max.R _z	Kombinace 4	2	-	312,31	-
Max.RO _x	Kombinace 1	1	0,00	168,35	0,00

Záporné extrémy:

Max. reakce	Kombinace	Styčnick	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Min.R _y	Kombinace 1	1	0,00	168,35	0,00
Min.R _z	Kombinace 1	1	0,00	168,35	0,00
Min.RO _x	Kombinace 1	1	0,00	168,35	0,00

Extrémy po styčnickích:

Max. reakce	Kombinace	R _y [kN]	R _z [kN]	RO _x [kNm]
Styčnick č.1 - abs. Y: 0,000 m Z: 0,000 m				
Max.R _y ,RO _x	Kombinace 1	0,00	168,35	0,00
Max.R _z	Kombinace 4	0,00	187,06	0,00
Min.R _y ,R _z ,RO _x	Kombinace 1	0,00	168,35	0,00
Styčnick č.2 - abs. Y: 5,220 m Z: 0,000 m				
Max.R _z	Kombinace 4	-	312,31	-
Min.R _z	Kombinace 1	-	274,88	-
Styčnick č.3 - abs. Y: 10,440 m Z: 0,000 m				
Max.R _z	Kombinace 4	-	187,06	-



Pouze pro nekomerční využití



Max. reakce	Kombinace	R_y [kN]	R_z [kN]	RO_x [kNm]
Min. R_z	Kombinace 1	-	168,35	-

3.3.4 Součty reakcí ve směrech globálních os

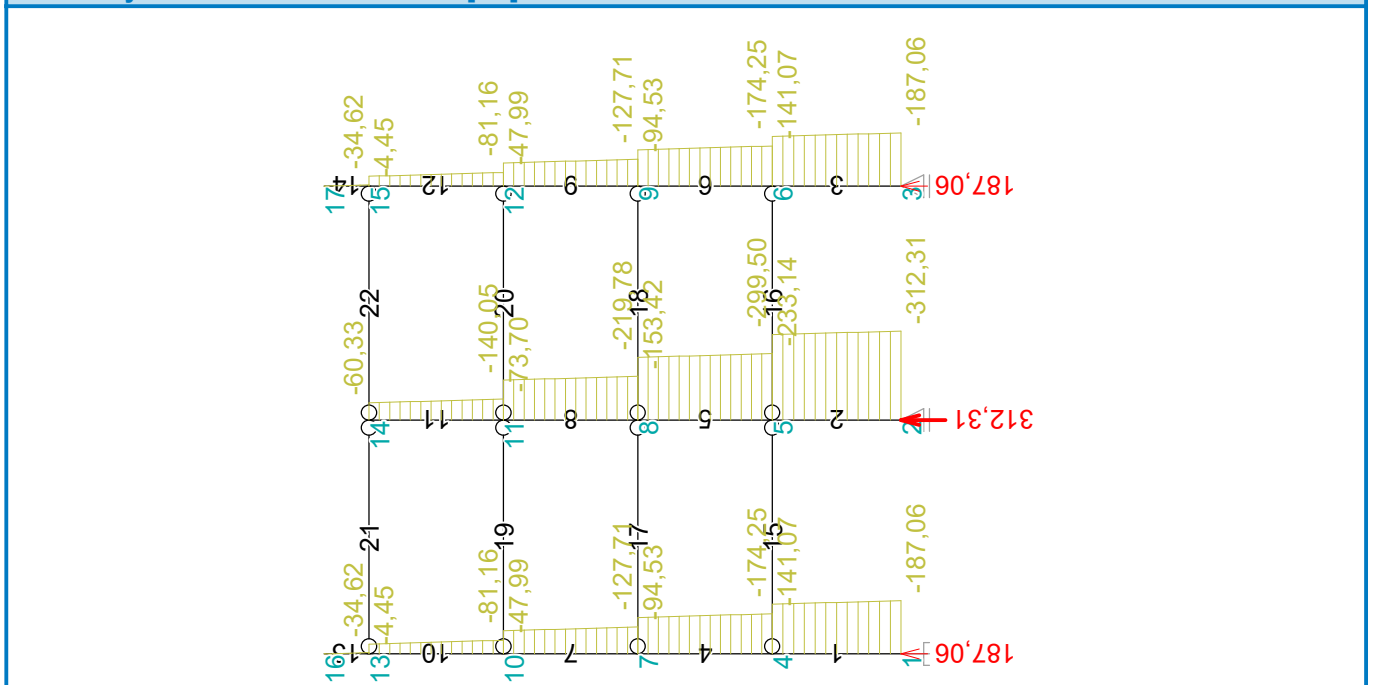
Kombinace 1. řád, pro posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Kombinace	Ve směru osy Y [kN]	Ve směru osy Z [kN]
Kombinace č.1	0,00	611,58
Kombinace č.2	0,00	620,35
Kombinace č.3	0,00	682,05
Kombinace č.4	0,00	686,44
Kombinace č.5	0,00	669,68

3.4 Reakce pro kombinace I.řádu, MSP

Kombinace nejsou zadané

Název: Výsledná svislá tlaková síla [kN]



Pouze pro nekomerční využití

