ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh šikmé střešní konstrukce z betonu

Autor práce: **Aleš Dvorský**
Vedoucí práce: **Ing. Josef Novák, Ph.D.**

2023

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Dvorský Jméno: Aleš Osobní číslo: 477123

Zadávající katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční návrh šikmé střešní konstrukce z betonu

Název bakalářské práce anglicky: Structural design of concrete sloping roof

Pokyny pro vypracování:

Přehled konstrukčních systémů vyvinutých pro těžké šikmé střešní konstrukce - popis, příklady, výhody/nevýhody oproti tradičním řešením zastřešení, technologie provádění. Návrh variant konstrukčního řešení těžké šikmé střechy u zadaného objektu - podrobný návrh a posouzení, zpracování výkresů tvarů/skladeb, zpracování výrobní dokumentace železobetonové konstrukce.

Seznam doporučené literatury:

Sloped Concrete Roofs, ICF Builder, The Insulating Concrete Forms Magazine
Modelování a vyztužování železobetonových konstrukcí, prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Josef Novák, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: Termín odevzdání BP v IS KOS 22.5.2023

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce | Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání | Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku těžkých šikmých střešních konstrukcí z betonu. Obsahuje popis nejpoužívanějších systémů vyvinutých pro tento typ konstrukce, jejich výhody a nevýhody, technologii provádění a faktory ovlivňující správný návrh. Součástí je podrobný návrh a posouzení vybraných variant konstrukčního řešení těžké šikmé střechy u zadaného objektu. Přílohami práce jsou výkresy skladeb, výkres tvaru a výkresy výztuže.

Klíčová slova

těžká střecha, železobeton, sklon, tvar střechy, technologie, nosníky, vložky, panely, nosná konstrukce, ztužující žebra, výztuž

Abstract

The bachelor's thesis focuses on the issue of heavy sloping roof structures made of concrete. It includes a description of the most commonly used systems developed for this type of construction, their advantages and disadvantages, construction technology and factors influencing proper design. It also includes a detailed design and assessment of selected constructional solutions for the heavy sloping roof of the given building. The appendices of the thesis are composition drawings, formwork drawing and reinforcement drawings.

Key words

heavy roof, reinforced concrete, slope, roof shape, technology, beams, inserts, panels, supporting structure, stiffening ribs, reinforcement

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití uvedené literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací a pod vedením Ing. Josefa Nováka, Ph.D.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s elektronickou verzí, která byla vložena do IS KOS.

V Praze 19. 5. 2022

_____

Aleš Dvorský

Poděkování

Rád bych tímto chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Josefu Novákovi, Ph.D. za cenné a odborné rady, vstřícný přístup a čas věnovaný konzultacím. Také děkuji své rodině a přátelům za podporu, pochopení a motivaci při studiu.

Obsah

Úvod ... - 1 -
1 Parametry ovlivňující návrh ... - 2 -
1.1 Sklon střechy ... - 2 -
1.2 Tvar střechy ... - 2 -
1.3 Vnější vlivy ... - 3 -
1.4 Vnitřní vlivy ... - 3 -
1.5 Vliv tepelné akumulace materiálů na teplotní stabilitu v podkroví ... - 3 -
2 Konstrukční systémy těžkých šikmých střešních konstrukcí ... - 5 -
2.1 Těžká střecha Ytong Komfort ... - 7 -
2.1.1 Základní charakteristika ... - 7 -
2.1.2 Postup realizace ... - 8 -
2.1.3 Varianty konstrukčního řešení ... - 10 -
2.2 Těžká střecha Porotherm ... - 17 -
2.2.1 Základní charakteristika ... - 17 -
2.2.2 Postup realizace ... - 18 -
2.3 Těžká střecha Heluz ... - 26 -
2.3.1 Základní charakteristika ... - 26 -
2.3.2 Postup realizace ... - 27 -
2.4 Železobetonové monolitické šikmé střechy ... - 30 -
2.5 LiteDeck ... - 31 -
3 Řešený objekt ... - 34 -
3.1 Základní popis objektu ... - 35 -
3.2 Nosný systém ... - 36 -
3.3 Materiálové řešení ... - 36 -
3.4 Schémata konstrukčního systému ... - 37 -
3.5 Zatížení ... - 39 -
3.5.1 Stálé zatížení od vlastní tíhy nosné konstrukce ... - 39 -
3.5.2 Ostatní stálé zatížení od střešního pláště ... - 40 -
3.5.3 Proměnné zatížení užitné ... - 40 -

3.5.4 Proměnné zatížení od sněhu ..... - 40 -
3.5.5 Proměnné zatížení od větru ..... - 41 -
4 Návrh variant těžké šikmé střechy ..... - 45 -
4.1 Varianta 1 - systém nosníků a vložek ..... - 45 -
4.2 Varianta 2 - panely ..... - 48 -
4.3 Varianta 3 - železobetonová deska ..... - 50 -
4.3.1 Posouzení šířky trhlin ..... - 50 -
4.3.2 Posouzení průhybu ..... - 51 -
4.3.3 Návrh dolní výztuže - střecha A ..... - 52 -
4.3.4 Návrh horní výztuže - střecha A ..... - 53 -
4.3.5 Návrh dolní výztuže - střecha B ..... - 54 -
4.3.6 Návrh horní výztuže - střecha B ..... - 55 -
4.3.7 Konstrukční zásady ..... - 56 -
Zhodnocení a závěr I
Literatura III
Přílohy V

Úvod

Tématem bakalárské práce je konstrukční návrh šikmé střešní konstrukce z betonu. V úvodu jsou nejprve zmíněny faktory ovlivňující správný výběr a návrh vhodného konstrukčního řešení. Následně se práce zabývá přehledem nejznáměnjších systémů vyvinutých pro těžké střešní konstrukce, přičemž jsou zde popsány vyjmenovány jejich výhody, nevýhody, kritéria použitelnosti, technologie provádění a nechybí také srovnání s klasickým dřevěným krovem. Podkladem pro tuto část práce byly především odborné publikace a podklady dodavatelů těchto systémů.

Druhá část bakalářské práce se zabývá variantním návrhem konstrukčního řešení těžké šikmé střechy u zadaného objektu. Zde jako podklad posloužil předběžný stavebně-konstrukční návrh a globální numerický model nosné konstrukce, jenž byl vypracován v rámci předmětu 133P02C. V této části jsou shrnuty zatížení působící na konstrukci a navrženy tři systémy včetně posouzení a výkresů skladeb, tvaru a výztuže.

Cílem bakalářské práce bylo lépe přiblížit doposud u nás poměrně málo známé a málo používané systémy pro návrh těžkých střech, vysvětlit jejich pozitivní dopady především pro vnitřní mikroklima objektu a porovnat použitelnost konkrétních systémů v návaznosti na okrajové podmínky.

Hlavním motivem pro výběr této práce bylo prohloubení si znalostí na toto téma, neboť tato problematika úspěšně reaguje na stále více se projevující klimatické změny, zejména pak přehřívání podstřešních prostorů a domnívám se, že bude v blízké budoucnosti stále častěji uplatňována v praxi.

1 Parametry ovlivňující návrh

Návrh vhodného konstrukčního systému je ovlivněn mnoha faktory, jejichž správné pochopení přispívá k optimálnímu řešení z hlediska hospodárnosti a efektivnosti v souladu se zamýšleným využitím objektu a základními požadavky pro pozemní stavby.

1.1 Sklon střechy

Mezi šikmé střechy řadíme střechy se sklonem vnějšího povrchu v rozmezí 5° až 45° [1]. Volba vhodného úhlu sklonu střechy závisí na klimatických podmínkách v místě stavby. Kupříkladu v horských oblastech s častějším výskytem intenzivního sněžení je vhodné navrhovat vyšší sklon střechy, aby se zmenšilo zatížení od sněhu působící na střešní konstrukci. Dostatečný sklon střechy rovněž zajišťuje bezpečný odvod vody zejména v případě přívalových dešťů [2].

Sklon střechy dále určuje využitelnost podkroví. Oproti minulosti, kdy podkroví byla využívána spíše jako skladovací místo, dnes už se podkroví u bytových nebo rodinných domů navrhují jak v případě novostaveb tak i rekonstrukcí jako obytná, což skýtá řadu výhod, mezi které patří např. smysluplné a ekonomické využití prostoru nebo lepší přístup k dennímu světlu v husté zástavbě. Je zřejmé, že využitelnost podkroví se zvyšuje s rostoucím sklonem. Typická hodnota úhlu sklonu střechy u bytových a rodinných domů se pohybuje mezi 30° a 45° [3].

Od velikosti úhlu sklonu střešní konstrukce se následně odvíjí výběr jak vhodného řešení nosné konstrukce střechy, tak volba krytiny. V obou případech je především nutno brát v potaz požadavky a doporučení výrobce, resp. dodavatele.

1.2 Tvar střechy

Návrh konstrukčního systému střechy vychází z tvarového řešení jak celého objektu, tak i samotné střechy. Standartní varianta klasického lehkého dřevěného krovu lze využít téměř vždy, nicméně v určitých případech se nabízí využít i těžké střechy, obvykle řešené jako betonové. Např. při realizaci šikmé desky z monolitického železobetonu si můžeme dovolit bez obav zahrnout do tvaru střechy prvky jako jsou valby, polovalby, vikýře či otvory pro střešní okna nebo prostupy technických zařízení budovy. Rovněž jsme schopni realizovat takovouto konstrukci nad půdorysy složitejších tvarů. Limitováni jsme pouze možnostmi dodatevele bednícího systému.

Naproti tomu u variant, které stavějí na principu železobetonových nosníků a keramických či pórobetonových vložek, nalezneme uplatnění převážně u jednoduchých, pravidelných tvarů půdorysu - typicky obdélníkový půdorys se sedlovou nebo pultovou střechou. Nutno však podotknout, že v současnosti nejběžnější dodavatelé takovýchto systémů (Xella, Wienerberger) ve svých podkladech uvádějí postupy i pro sedlové střechy půdorysného tvaru L, nosníkové výměny v místě otvorů a nebo vybrané detaily prostupů.

1.3 Vnější vlivy

Mezi vnější vlivy působící na konstrukci střechy řadíme především klimatické vlivy spojené s umístěním stavby. Obzvláště se ve výpočtu zatížení střešní konstrukce zohledňuje sněhová a větrná oblast. Zřetel je však třeba brát i na důsledky extrémních teplotních výkyvů a s nimi spojených objemových změn materiálů nebo časté přívalové deště, námrazu, kroupy, blesky, UV záření apod. Umístění stavby je také spojeno s vlivy chemickými (např. střechy v průmyslových oblastech nebo pojízdné střechy), biologickými (např. listí, větve, mechy, škůdci rostlinného a živočišného původu), akustickými (např. dálniční nebo železniční doprava), seizmickými aj. [1].

1.4 Vnitřní vlivy

K vnitřním vlivům patří zejména vlivy vyplývající z mikroklima uvnitř objektu. Jedná se o vlhkost, teplotu, kondenzaci vodní páry, proudění vzduchu. Dále je třeba uvažovat dopady využití stavby a vnitřního provozu, kdy např. u různých výrobních objektů lze očekávat nepříznivé vlivy na nosnou konstrukci od chemických látek. Vyloučit nelze ani biologické vlivy (např. stáje, chovy, plísně, škůdci) nebo vlivy akustické a dynamické [1].

1.5 Vliv tepelné akumulace materiálů na teplotní stabilitu v podkroví

V souvislosti s klimatickými změnami přibývá horkých letních dní, jejichž důsledky pociťujeme uvnitř objektu zpravidla nejvíce pod střechou. Lehké střešní konstrukce klasických dřevěných krovů dovolují značné přehřívání podkroví, což vede ke snížení kvality vnitřního klima. Použití klimatizace k eliminaci vysokých teplot následně zvyšuje energetickou náročnost budovy a vytváří nemalé finanční výdaje.

Konstrukce těžkých šikmých střech z betonu event. varianty s keramickými nebo pórobetonovými vložkami disponují vysokou tepelnou akumulací a tepelnou setrvačností a jsou tak ideálním řešením pro zajištění stability vnitřní teploty. Konstrukce střechy s plošnou hmotností nad 150 kg/m^2 dokáže zpomalit průnik tepla až o 12 hodin. V kombinaci s nočním

větráním tak lze docílit optimálního vnitřního klimatu bez nutnosti vysoké spotřeby energie používáním klimatizace. Princip uplatnění těžkých střech proti letnímu přehřívání je poměrně rozšířený zejména v oblasti Středomoří, v zemích jako jsou např. Chorvatsko, Itálie a Španělsko [4, 5, 6, 7].

2 Konstrukční systémy těžkých šikmých střešních konstrukcí

Z historie víme, že vůbec první střešní konstrukce měly takřka jediný cíl, a sice ochranit před deštěm a sněhem. Tento základní požadavek převládal u většiny staveb až do druhé poloviny 19. století. Prostor podkroví byl převážně neobytný, sloužil nejčastěji jako sklad a nebo byl zcela nevyužívaný. Tomu pro svou jednoduchost odpovídala subtilní dřevěná konstrukce krovu opatřená krytinou, jež byla plně dostačující pro tehdejší potřebu pouhé ochrany před deštěm.

V současné době jsou však nároky na střešní konstrukce výrazně větší. Pod střechou nacházíme často prostory určené k bydlení či jinému aktivnímu využívání lidmi, a proto vyžadujeme dokonalou ochranu nejen před deštěm a sněhem, ale také před velkými výkyvy teplot, hlukem, hmyzem, různými druhy záření, prachem aj. Uživateli vyhledávanými atributy jsou stálá vnitřní teplota, kvalita vzduchu či optimální vlhkost.

Aby byly všechny tyto požadavky splněny, musí být běžná střecha tvořená dřevěným krovem doplněna o technologie jakou je např. klimatizace, nezbytné jsou parotěsnící fólie, různé vodoodpudivé nátěry dřevěných částí, protipožární opatření…

Současné technologie umožňují nacházet řešení těchto problémů v použití těžké (masivní) střešní konstrukce. Nejenže odpadávají starosti s běžnými neduhy dřeva a zvyšuje se trvanlivost konstrukce, ale především tak dosahujeme díky akumulačním schopnostem použitých materiálů stálosti teplot v interiéru a rovněž má těžká střecha pozitivní dopad na statiku budovy.

Oproti Středomořským státům je používání těžkých střech v České republice stále poměrně málo rozšířené. V mnoha případech se u dodavatelů stavebních systémů jednalo o transforamci stropní konstrukce na šikmou střešní konstrukci - firma Xella (Ytong) vytvořila těžkou střechu Ytong Komfort na základě stropu Ytong Klasik, firma Wienerberger (Porotherm) aplikovala takřka totožný princip a u firmy Heluz pro změnu došlo k tomu, že keramobetonové panely používané pro stropní konstrukce se začaly ukládat na šikmé koruny nosných stěn.

Jelikož tématem této části práce je popis konstrukčních systému nosné části těžkých šikmých střec z betonu, nebudou u jednotlivých systému znázorněny a popsány možné skladby střešních plášťů doporučované konkrétními dodavateli těchto systémů. Stručně však lze říci, že ve většině případů se jedná o princip dodatečného pomocného krovu (dřevěného roštu), který je kotven k podkladu, mezi krokve je ukládána tepelná izolace, následuje pojistná hydroizolace, laťování a skládaná krytina. Alternativou je skladba bez pomocného

krovu, kdy jsou tepelněizolační desky lepeny k podkladu a soustava laťování je přichycena k podkladu pomocí šroubů skrze tepelnou izolaci.

2.1 Těžká střecha Ytong Komfort

2.1.1 Základní charakteristika

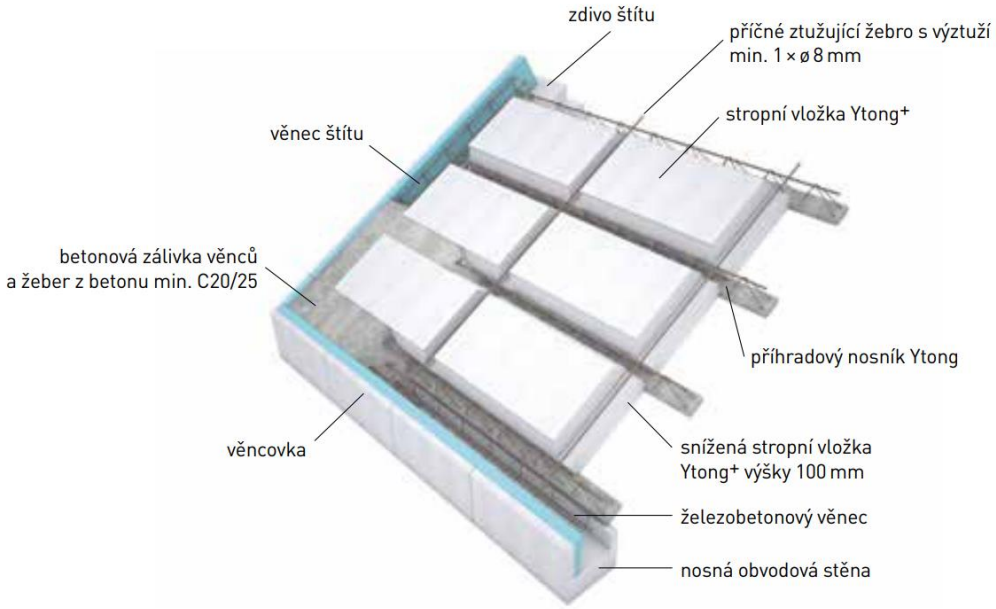
Těžká střecha Ytong Komfort představuje žebrovou železobetonovou konstrukci, která se skládá z prefabrikovaných betonových nosníků a pórobetonových vložek Ytong P4-500. Protože systém Ytong Komfort umožňuje vynechat poměrně pracnou nadbetonávku (tl. 50 mm), je tloušťka nosné konstrukce dána tloušťkou střešních vložek, která je 200 mm nebo 250 mm v závislosti na rozpětí nosníků střechy.

Obr. 2.1 Těžká střecha Ytong Komfort [8]

Tento konstrukční systém nachází uplatnění převážně u sedlových a pultových střech s maximálním doporučeným sklonem 40°. Ojediněle už však proběhla i realizace sedlové střechy půdorysného tvaru „L“ a nebo valbové střechy se sklonem do 45° a vikýřem. Tvarová rozmanitost je u tohoto systému zajištěna především charakterem samotného materiálu, protože pórobetonové vložky lze pomocí ruční nebo pásové pily různě krátit a upravovat. Prefabrikované betonové nosníky mohou být kladeny kolmo i rovnoběžně se sklonem střechy, rovněž je možné využít výměn, pomocných ocelových konstrukcí a nebo lokální dobetonávky.

Velkou výhodou tohoto systému je ochrana proti přehřívání interiéru, minimální riziko napadení hmyzem, hnilobou nebo plísněmi, vysoká požární odolnost (nehořlavý materiál), vzduchotěsnost či dobré akusticko-izolační vlastnosti. Díky tomu, že zde oproti krovu odpadají tesařské požadavky a systém sestává z kusových dílců, je postup realizace velice přívětivý i stavbě svépomocí.

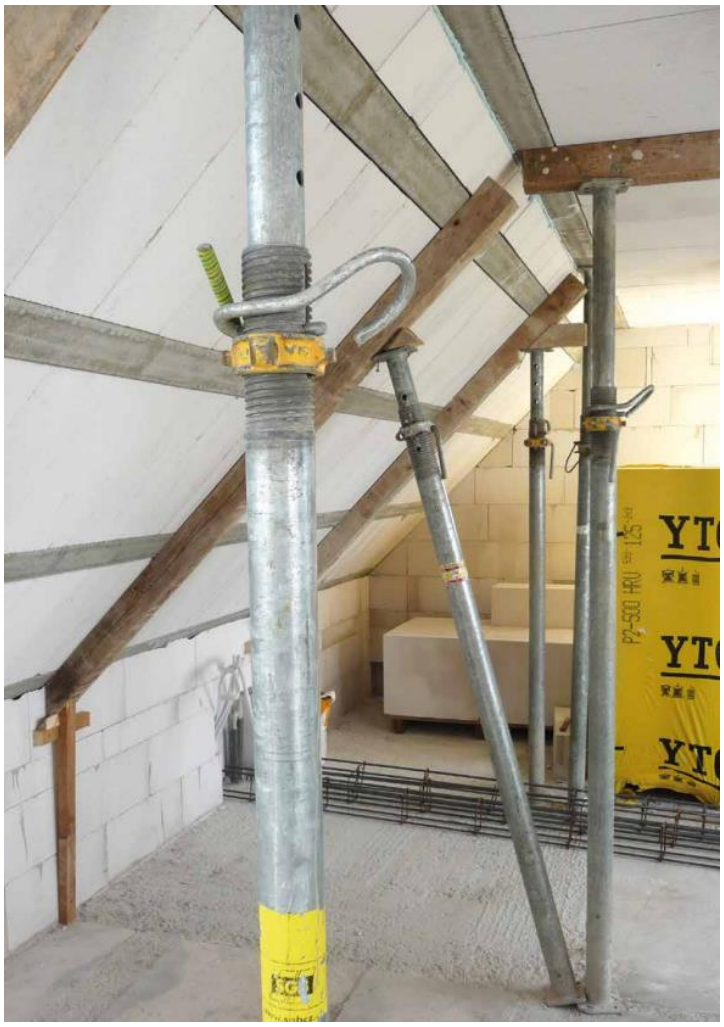
Při provádění se každá pátá vložka navrhuje snížená (výška 100 mm). čímž vytváří bednění příčného spolupůsobícího žebra. Do něj se vkládá ocelový prut min. ø 8 mm, jenž je zakotvem do protilehlých věnců. Standartní osová vzdálenost nosníků činí 680 mm, délka nosníků je odstupňována po 0,2 m od 1,0 m do 8,2 m. [5,6,8]



Obr. 2.2 Schéma konstrukčního systému Ytong Komfort s popisem jednotlivých prvků [8]

2.1.2 Postup realizace

Postup montáže konstukce střech Ytong Komfort začíná uložením nosníků zpravidla na ztužující věnce (buďto vodorovné nad nosnými stěnami nebo šikmé ve štítu). Vzdálenosti mezi nosníky nám určuje pomocná vložka. Dále jsou tyto nosníky podepřeny podpůrnou konstrukcí. Systémové podepření výrazně usnadňuje manipulaci a snižuje riziko zranění. Vhodným systémem podpůrné konstrukce je např. systém Peri, který je tvořen ocelovými sloupky s nastavitelnou hlavicí podpírající dřevěné lepené nosníky, které přenášejí montážní zatížení. Alternativou jsou také dřevěné kuláče nebo hranoly. V každém případě je požadována osová vzdálenost stojek alespoň 1,6 metru v obou směrech. Při realizaci podpůrné konstrukce střechy je nutno brát v potaz, že výrazně zvyšujeme zatížení na stropní konstrukci spodního podlaží a je vhodné jej taktéž podstojkovat.



Obr. 2.3 Ukázka podpůrné konstrukce střechy při montáži [8]

Po zhotovení podpůrné konstukce následuje pokládka střešních vložek v celé ploše střechy, která probíhá dle kladečského plánu. Výrobce tohoto systému nabízí bezplatné vyhotovení kladečského plánu po zaslání půdorysu objektu a dalších podkladů.

Jakmile jsou uloženy všechny vložky, umístí se opět dle kladečského plánu armatura a vyváže se. Důležité je obzvláště propojení se ztužujícími věnci.

Dále následuje zálivka betonem. Minimální třída betonu požadována výrobcem je C 25/20, frakce 4-8 mm, čerpatelná konzistence (S3). Beton je zapotřebí vibrovat malým vibrátorem. Přetékající materiál v důsledku šikmosti se strhne zednickou lžící a pečlivě zahladí. [8]

2.1.3 Varianty konstrukčního řešení

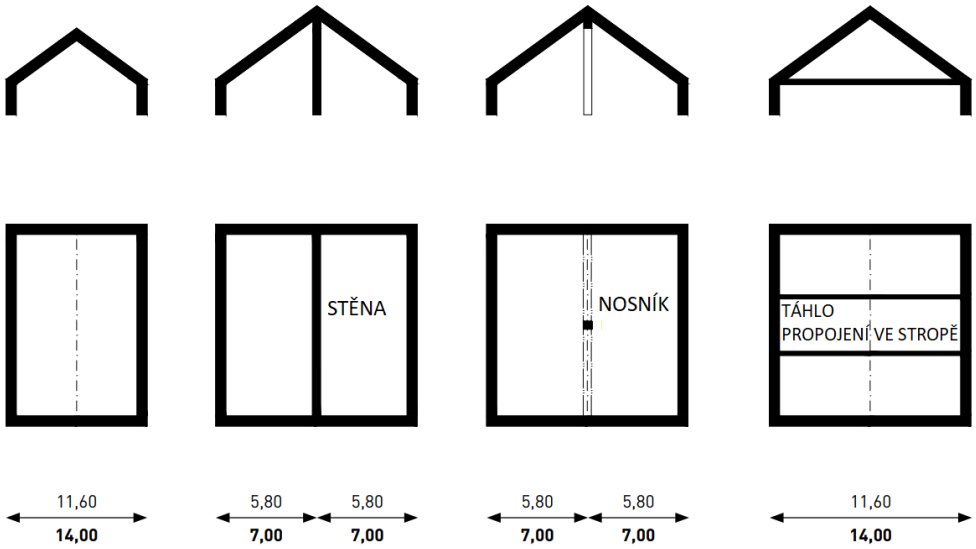
2.1.3.1 Nosníky ve spádu - sedlová střecha

Nosníky se ukládají na nosné stěny (nadezdívku) a na podpěru ve vrcholu, která může být tvořená také nosnou stěnou nebo železobetonovým, případně ocelovým nosníkem. Variantou je také řešení bez podpěry ve vrcholu, v takovém případě je působení nosníků podobné jako u jednoduché krokevní soustavy. U této varianty je však nutné zachytit vodorovné síly, což je možné provést např. pomocí ocelových táhel.

Proveditelnost sedlové střechy s nosníky ve spádu je zajištěna do sklonu 40°, za předpokladu nestandartních opatření při montáži až do sklonu 45°.

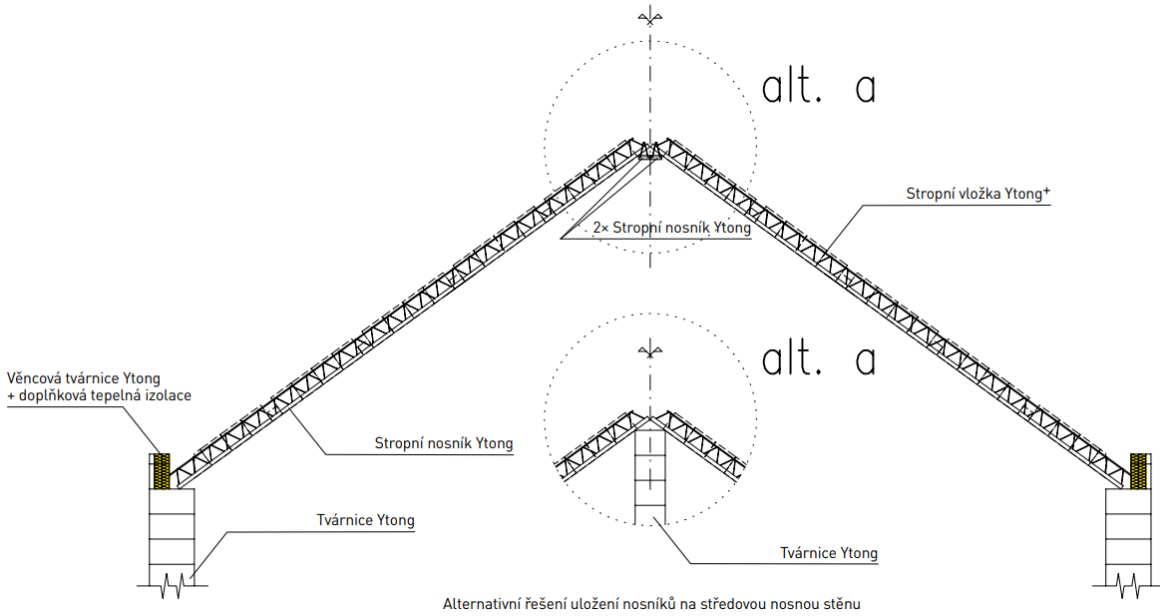
Obr. 2.4 Ukázka uložení nosníků ve spádu [8]

Na obrázku č. 5 lze vidět schémata možných řešení nosných prvků u sedlové střechy Ytong Komfort s nosníky ve spádu. Rozpětí napsaná pod schématy odpovídají tloušťce 200 mm u normálního písma a tloušťce 250 mm u tučného písma. Rozpětí jsou v metrech a jsou orientační [8].



Obr. 2.5 Schéma řešení nosných prvků se sedlovou střechou [8]

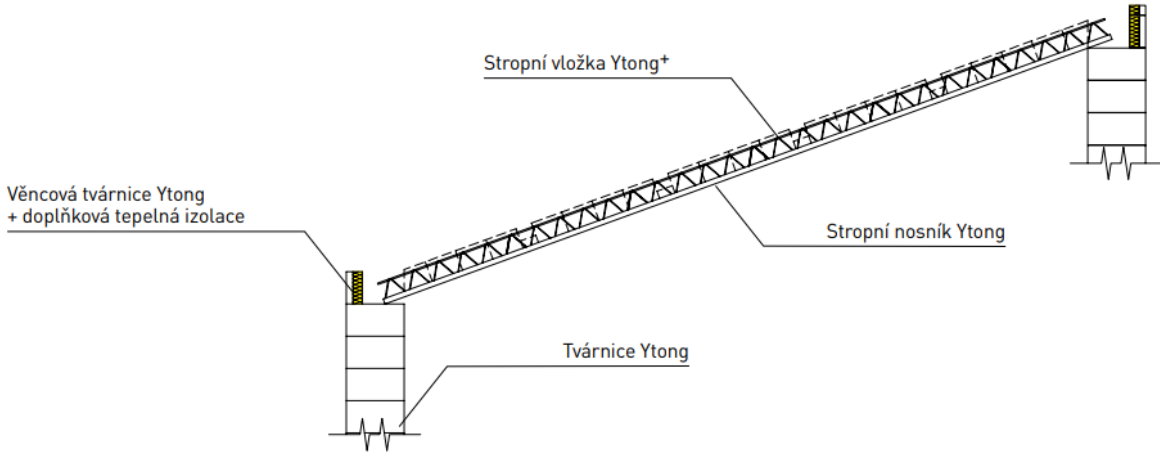
Na obrázku č. 6 je ukázán na příčném řezu způsob uložení nosníků a vložek před betonáží.



Obr. 2.6 Schéma uložení nosníků [8]

2.1.3.2 Nosníky ve spádu - pultová střecha

Princip pokládky střešních nosníků je totožný jako u sedlové střechy. Nosníky se ukládají rovnoběžně se spádem střechy, podporu jim tvoří nosné stěny v různých výškových úrovních, event. železobetonový či ocelový nosník. Orientační rozpon pro tloušťku střechy 200 mm je 5,8 metrů a pro tloušťku střechy 250 mm činí 7 metrů. Úskalím u této varianty je oblast uložení nosníku, kde může hrozit porušení rohu ytongového zdiva. Podklady výrobce nenabízejí řešení tohoto detailu, dá se však předpokládat, že základní podmínkou pro zamezení porušení zdiva bude správné a technologicky důkladné provedení podstojkování.

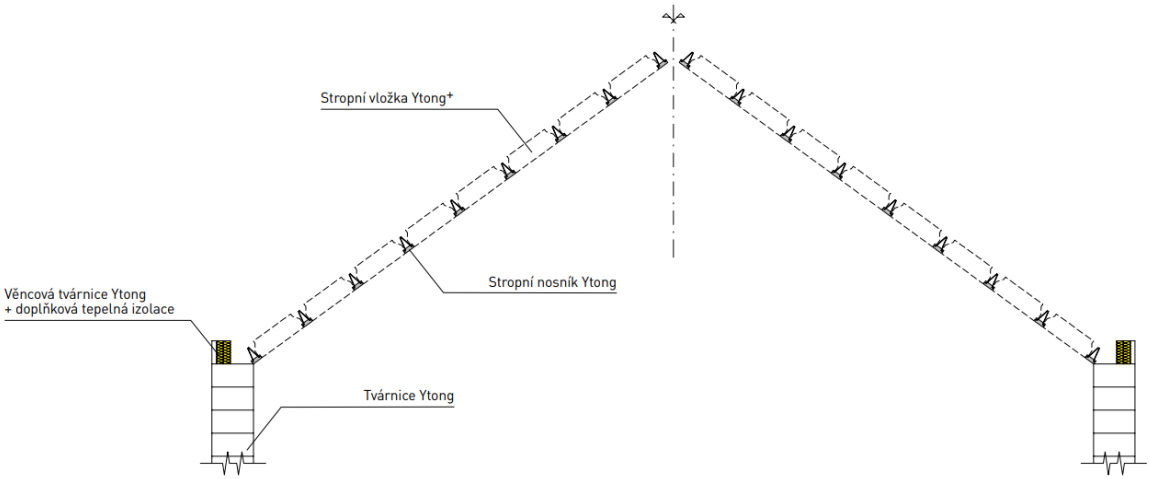


Obr. 2.7 Ukázka pultové střechy [8]

2.1.3.3 Nosníky vodorovně - sedlová střecha

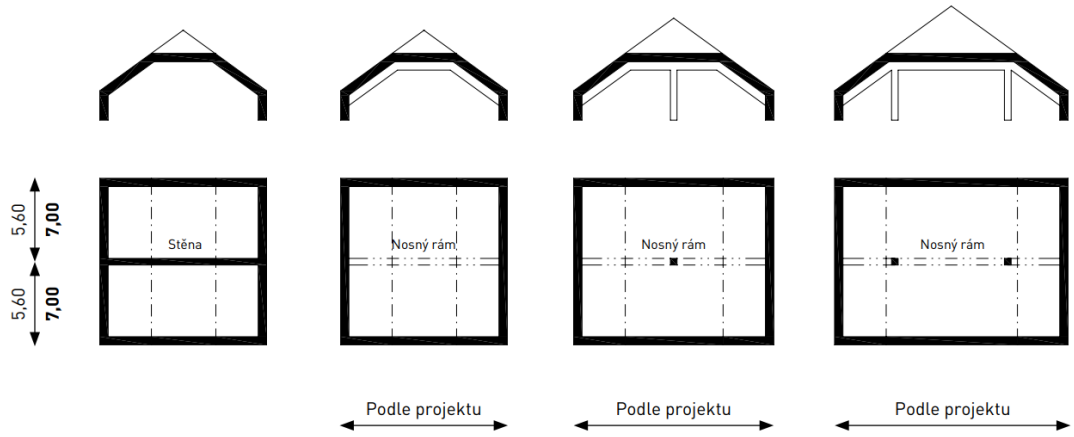
Jedná se o variantu, která je vhodná spíše pro jednoduché sedlové střechy. Nosníky se uklídají na zdivo ve štítech, uvnitř dispozice na podporu, která je rovnoběžná se štítem a kterou může tvořit nosná stěna či nosník. Stejně jako u varianty s nosníky ve spádu je zde zaručena proveditelnost do spádu 40°.

Obr. 2.8 Těžká střecha Ytong Komfort [8]

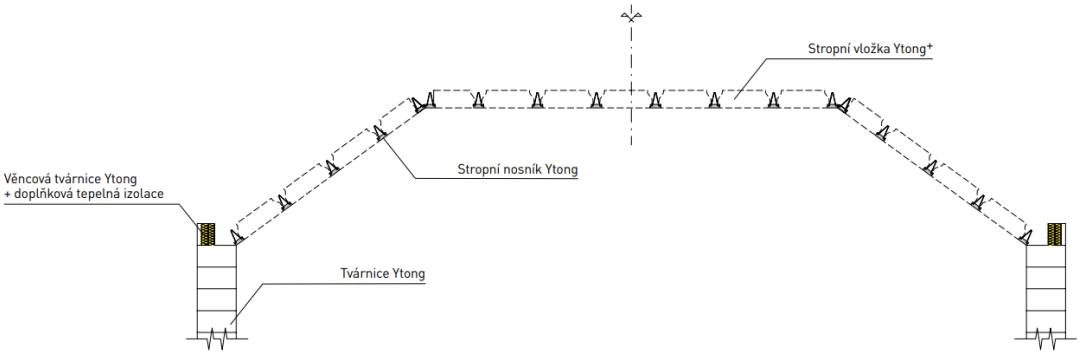


Obr. 2.9 Schéma vodorovně ukládaných nosníků a vložek [8]

Speciální podvariantou u vodorovně ukládaných nosníků je sedlová střecha ohraničující vnitřní obytný prostor. Zde nosná konstrukce střechy vytváří tvar lichoběžníku, neboť střední část střechy je zcela vodorovná.



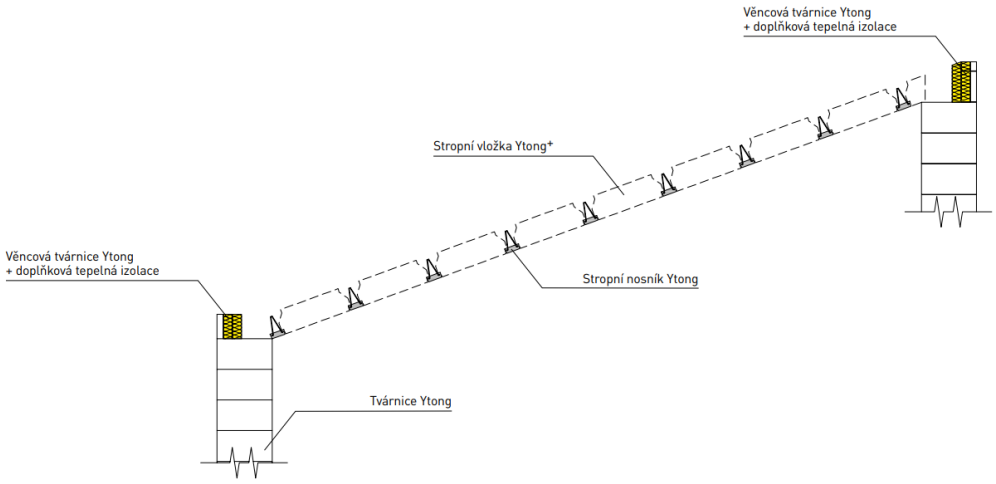
Obr. 2.10 Schéma sedlové střechy s obytným prostorem [8]



Obr. 2.11 Schéma sedlové střechy s obytným prostorem [8]

2.1.3.4 Nosníky vodorovně - pultová střecha

Pultová střecha s vodorovně ukládanými nosníky opět kopíruje princip sedlové střechy.



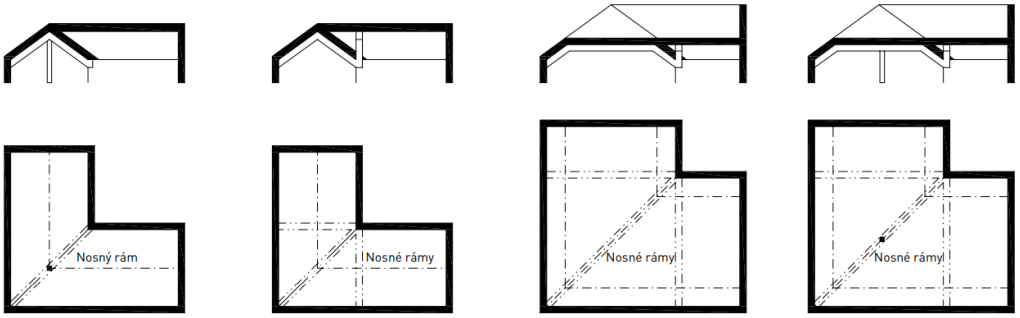
Obr. 2.12 Schéma pultové střechy [8]

2.1.3.5 Sedlová střecha tvaru L

V rámci systému Ytong Komfort je možné zastřešit také složitější tvary podůrysu. Jsou zde uplatněny stejné principy jako u předchozích variant a podle požadovaného tvaru střechy je možné i kombinovat vodorovně ukládané nosníky s nosníky ve spádu. Nosná konstrukce uvnitř dispozice podepírající střechu může být opět zděná, ale může ji tvořit i masivní ocelový rám. [8]

Obr. 2.13 Ukázku podpůrného ocelového rámu [8]

Obr. 2.14 Těžká střecha nad půdorysem tvaru L [8]



Obr. 2.15 Schémata řešení nosných konstrukcí nad půdorysem tvaru L [8]

2.2 Těžká střecha Porotherm

2.2.1 Základní charakteristika

Podobně jako v případě Ytongu i zde se jedná o systém nosníků a vložek převedený do šikmé roviny, který je zmonolitněn botenem. Nosnou konstrukci tvoří keramobetonové stropní trámy se svařovanou prostorovou výztuží, na které jsou ukládány cihelné vložky Miako.

Obr. 2.16 Ukázka realizace těžké střechy Porotherm [7]

Mezi doporučení dodavatele systému patří sklon střechy 25° (lze ovšem navýšit na 40°), jednoduchý pravoúhlý půdorys stavby, pultová nebo sedlová střecha. Maximální osové vzdálenosti podpor, tzn. ve spádu vyzdívaných nosných a štítových zdí, jsou dány maximální délkou nosníků, kterou výrobce udává hodnotou 8 metrů pro strop s nadbetonávkou a 6 metrů pro strop pouze se zálivkou mezi vložkami a bez nadbetonávky. Tloušťka střešní konstrukce je dána tloušťkou vložek MIAKO, které se vyrábějí v různých rozměrech, však typické tloušťky jsou 210 mm, 250 mm a 290 mm. Podle toho zda používáme vložky MIAKO PTH a nebo MIAKO BNK, závisí způsob zmonolitnění konstrukce betonem. Vložky MIAKO BNK mají profilovanější tvar, díky čemuž výrobce uvádí jako dostačující betonovou zálivku mezi vložkami a nerealizuje se nadbetonávka, což je obvzláště výhodné

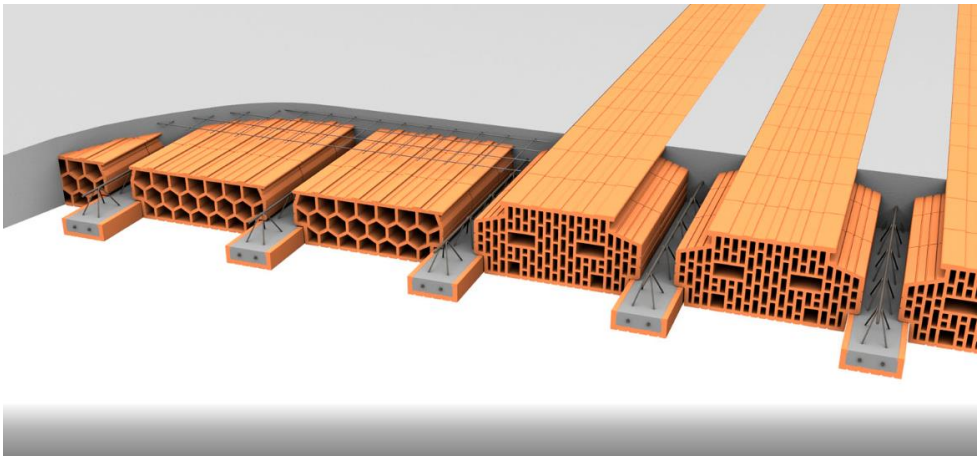
při realizaci šikmé střechy. Naopak při použití vložek MIAKO PTH je nadbetonávka nezbytná, přičemž se do ní vkládá výztužná betonářská (KARI) síť. U obou typů MIAKO vložek je výrobcem doporučováno při větších rozponech (okolo 6 m) realizovat pomocí nízkých MIAKO vložek tl. 80 mm ztužující příčné železobetonové žebro v šířce 250 mm, tedy na šířku jedné vložky. V případě, že je rozpětí ztužujícího žebra menší než je rozpětí stropní konstrukce, může díky tuhosti žebra dojít k změně statického schématu z prostého nosníku na spojitý nosník. V takovém případě mohou vznikat tahová namáhání při horním povrchu a je tedy nutné tuto oblast pečlivě posoudit a případně navrhnout dodatečnou tahovou výztuž pro přenesení vzniklých záporných momentů. Dále se provádí přivyztužení v místě uložení na nosnou stěnu kvůli přenesení případných záporných momentů. To může být provedeno zesílením betonářské sítě, nicméně je nutné dbát na to, aby projení vyztužení bylo v poli a ne nad podporami [7].

2.2.2 Postup realizace

2.2.2.1 Nosníky vodorovně

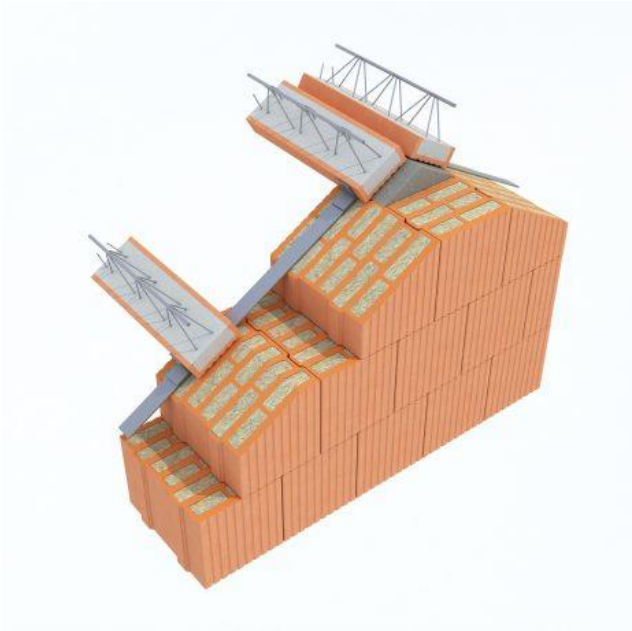
Postup montáže těžké šikmé střechy bude popsán u varianty s kladením nosníků vodorovně (souběžně s hřebenem) a s použitím stropu Porotherm BN, jenž díky vložkám MIAKO BNK na rozdíl od klasického stropu Porotherm umožňuje realizaci bez celoplošné nadbetonávky, což výrazně usnadňuje postup prací na stavbě.

Na následujícím obrázku (Obr. 2.17) je znázorněno srovnání obou typů stropu. Vlevo strop Porotherm s celoplošnou nadbetonávkou, vpravo strop Porotherm BN s vybetonovanými žebry.



Obr. 2.17 Srovnání stropů Porotherm a Porotherm BN [9]

Keramobetonové nosníky se ukládají na šikmé nosné stěny, na kterých je položena a řádně ukotvena ocelová pásovina s přivařenými zuby (úhelníky), které slouží k provizornímu zajištění nosníků proti pohybu dolů (po zalití betonem tuto funkci přebírá železobetonový pozední věnec).



Obr. 2.18 Schéma uložení POT na šikmou stěnu [7]

Obr. 2.19 Ukázka skutečné realizace [9]

V případě komplikovanějších typů staveb, kdy je např. velké rozpětí mezi šikmými nosnými stěnami tvořícími podpory střechy nebo je navržen střešní otvor větších rozměrů, se může projektant uchýlit k využití ocelového rámu, který může sloužit jako vnitřní podpora. Na obrázku č. 19 lze vidět, že i takováto varianta je pro tento systém schůdná - k pásnici ocelového rámu se opět přivaří trny, které slouží k zachycení sil ve směru po spádnici.

Obr. 2.20 Schéma uložení nosníku POT do ocelového rámu [7]

Při ukládání keramobetonových nosníků na nosné stěny je třeba dbát na minimální délku uložení nosníku, která je výrobcem udávána 125 mm a rovněž se nosníky podepřou dřevěnými hranoly a sloupky tak, aby maximální vzálenost mezi podporami byla 1,8 m. Provizorní podpory je nutné řádně zajistit podložením, zaklínováním a zavětrováním. Maximální osová vzdálenost sloupků je výrobcem předepsána 1,5 m (ve směru dřevěných hranolů).

Obr. 2.21 Ukázka podepření [9]

U větších rozponů (nosníky POT 400 a dál) je doporučeno při montáži nastavit vzepětí (nadvýšení) nosníků, které odpovídá 1/300 světlé vzdálenosti podpor. Pokud je použito ocelových válcovaných profilů, nosníky POT se v jejich blízkosti nenadvyšují, nadvýší se teprve nosníky, které jsou vzdálenější, a to o polovinu plánovaného vzepětí.

Stropní vložky MIAKO BNK se kladou na podepřené a zajištěné nosníky na sucho v řadách rovnoběžných s nosnou stěnou, přičemž se postupuje od jednoho konce nosníku k druhému. Výrobcem je dále doporučeno v průběhu montáže položit na již uložené vložky prkna nebo roznášecí plošiny, čímž se zajistí rozložení zatížení od manipulace materiálu a současně se zabrání možným deformacím např. ocelové příhradoviny nosníků ale i jiných částí konstrukce od možných nehod spojených s prací na stavbě.

K dostatečnému ztužení střechy významně napomáhají příčná ztužující žebra, která se realizují pomocí snížených vložek MIAKO tl. 80 mm a jsou kolmá na směr, ve kterém jsou ukládány nosníky POT. Šířka žebra odpovídá délce jedné vložky (250 mm) a žebro je vyztužené čtyřmi pruty betonářské výztuže o průměru min. 10 mm a třmínky průměru 6 mm s roztečí 200 mm. Během montážního stavu se nízké doplňkové vložky nesmí až do zalití betonem nijak zatěžovat.

Obr. 2.22 Ukázka příčného ztužujícího žebra u sedlové střechy včetně napojení ve vrcholu [9]

Snížených vložek MIAKO tl. 80 mm a na ně vybetonovaných výztužných žeber lze také využít podél hřebene či okapu, pro zajištění ještě větší tuhosti střešní konstrukce a lepšího přenosu sil do svislých nosných konstrukcí.

Obr. 2.23 Ukázka realizace snížených vložek podél hřebene - pultová střecha [9]

Po uložení nosníků, vložek a armatury do ztužujících žeber a pozedního věnce následuje samotná betonáž. Výrobcem udávána minimální třída betonu je C 20/25, měkké konzistence. Po navlhčení celé konstrukce se vyplní betonem mezery nad nosníky mezi stropními

vložkami a současně se také zalijí betonem příčná ztužující žebra a pozední věnce. Betonáž probíhá v pruzích nad nosníky, přičemž betonáž pruhu nelze přerušit.

Obr. 2.24 Průběh betonáže [9]

Beton je zapotřebí vibrovat malým vibrátorem. Přetékající materiál v důsledku šikmosti se strhne zednickou lžící a pečlivě se zahladí. Po dokončení betonáže střechy je nutné udržovat beton ve vlhkém stavu až to zatvrdnutí, resp. minimálně sedm dní [7, 9, 11].

Obr. 2.25 Dokončená betonáž [9]

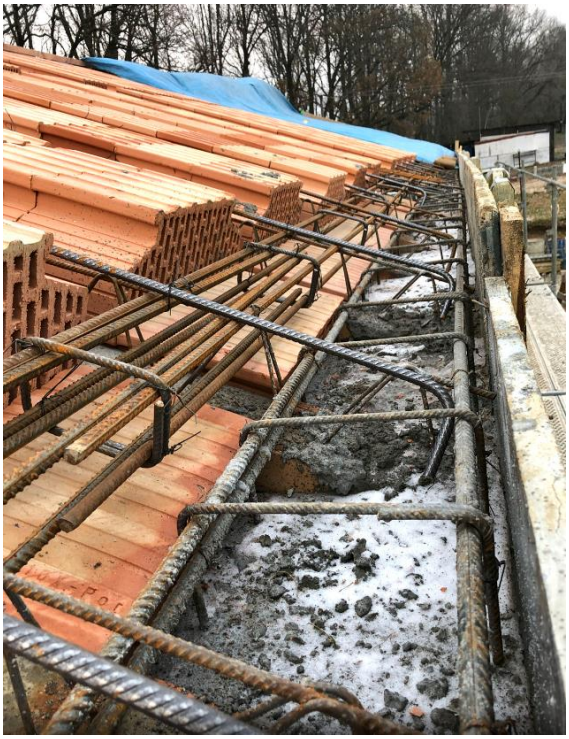
2.2.2.2 Nosníky ve spádu

Systém těžké střechy z keramobetonových nosníků a vložek zalitých betonem od firmy Porotherm je rovněž možné realizovat ve variantě, kdy jsou nosníky POT kladeny ve spádu a to jak u pultové, tak sedlové střechy. Protože základní principy a požadavky byly vysvětleny v předchozí podkapitole, zde budou ukázány pouze odlišnosti a specifika spojená s kladením nosníků POT po spádnici.

Zásadním problémem, který je nutno vyřešit oproti kladení nosníků vodorovně, je výrazně větší vodorovná složka výslednice sil od montážního zatížení, které působí na nosné stěny, na které jsou nosníky ukládány. Jedním z možných řešení je sepnutí nosných stěn pomocí ocelových táhel. Po dokončení betonáže a zatvrdnutí betonu vodorovné síly působící na nosné stěny bezpečně zachytí ztužující pozední věnce.

Obr. 2.26 Použití táhel pro zajištění vodorovných sil [10]

Dalším možným řešením je částečné vybetonování věnce a jeho zatvrdnutí.



Obr. 2.27 Použití táhel pro zajištění vodorovných sil [10]

Na následujícím obrázku lze vidět přípravu na hřebenový věnec.

Obr. 2.28 Hřebenový věnec pultové střechy [10]

Z dostupných materiálů firmy Porotherm není známo, jak probíhá kladení nosníků ve vrcholu u sedlových střech, nicméně lze očekávat, že princip bude obdobný jako u systému Ytong. Možnými variantami podpory ve vrcholu sedlové střechy jsou buď nosná stěna a nebo železobetonový průvlak, u obou je však nutné dostatečné provázání výztuže průvlaku/pozedního věnce s výztuží nosníků pomocí příložek [7, 10, 11].

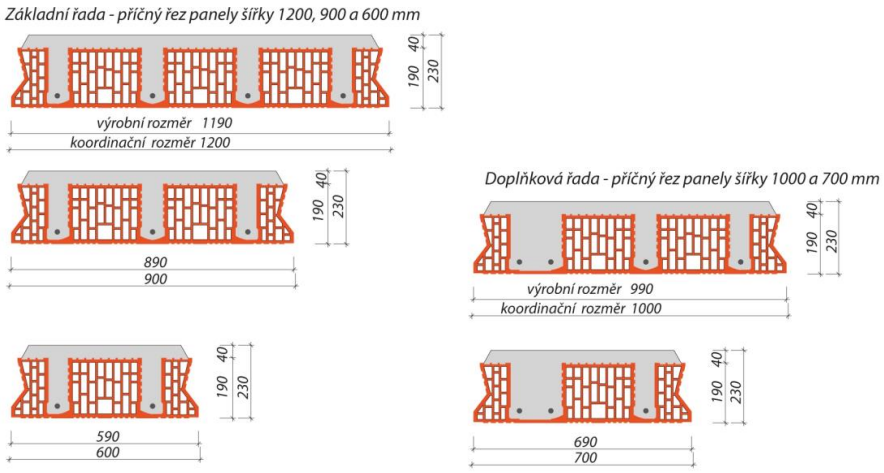
2.3 Těžká střecha Heluz

2.3.1 Základní charakteristika

Systém těžké šikmé střechy sestávající z keramobetonových panelů byl uveden na trh firmou Heluz v roce 2017. Podobně jako u předchozích systémů od firem Ytong a Porotherm, i zde těžká konstrukce střechy zaručuje výborné vnitřní klima především v letních měsících díky tepelné akumulaci použitého materiálu, dobré akusticko-izolační vlastnosti, pozitivní vliv na stabilitu objektu a mj. také absenci dodatečných ochranných nátěrů dřevěných prvků či rizika napadení biologickými škůdci.

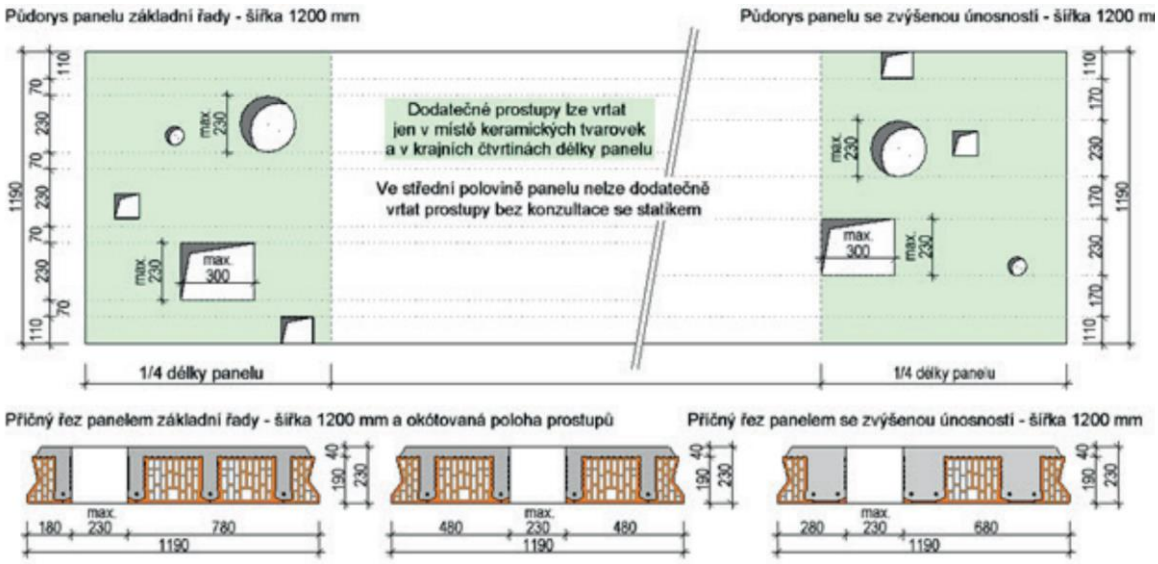
Výhodou keramobetonových panelů oproti předchozím systémům nosníků a vložek je menší pracnost a vyšší rychlost pokládky panelů, pro kterou je však nutná přítomnost jeřábu. Další výhodou je, že panely jsou po uložení ihned únosné, tzn. že odpadá potřeba montážního podepření. Systém je použitelný pro stavby obdélníkového půdorysu se sedlovou nebo pultovou střechou s maximálním sklonem 40°, přičemž doporučená optimální hodnota sklonu je 25°. Maximální světlá vzdálenost mezi podporami by neměla přesahovat 6 metrů. V případě použití panelů u průmyslových nebo zemědělských objektů lze tuto vzdálenost navýšit na 7 metrů. [13, 14]

Konstrukce panelu sestává z keramických vložek a železobetonových žeber s nadbetonávkou. Panely se vyrábějí v základních šířkách 1200, 900 a 600 mm, výška panelu je 230 mm a délka je libovolná v rozmezí od 1500 do 7250 mm. Pro minimalizaci dobetonávek na stavbě existuje také doplňková řada panelů se šířkami 1000 a 700 mm. Panely obsahují spodní tahovou výztuž, jež se nachází v žebrech panelu a která na konci panelu vyčnívá v délce 100 mm. [12]



Obr. 2.29 Keramobetonový panel Heluz [12]

Jelikož jsou panely vyráběny mimo staveniště, dovoluje technologie výroby různé modifikace panelu, mezi které patří prostupy v rohu či uprostřed panelu, půdorysně zalomená čela a nebo panely se zvýšenou únosností. Dodatečné prostupy panelů je možné provádět pouze v místě keramických tvarovek, přičemž nesmí být porušena nosná železobetonová žebra panelu. [13]



Obr. 2.30 Schéma polohy prostupů panelem [13]

Mezi nevýhody těžké šikmé střechy z panelů Heluz patří zejména komplikovaná doprava panelů na stavbu, nutnost jeřábu a nerovnoměrné průhyby jednotlivých panelů, které se mohou v interiéru budovy projevit trhlinami v omítce propisujícími se podél styčných spár panelů. [13]

2.3.2 Postup realizace

Dříve než se přistoupí k samotné manipulaci s panely, je zapotřebí zkontrolovat rovinnost koruny nosných stěn. Případné nerovnosti lze vyrovnat tepelněizolační maltou. Na takto srovnanou korunu nosných stěn se pokládá těžký asfaltový pás tl. 3,5 mm nebo deformačně separační pás firmy Heluz a to tak, aby pokryl šířku pod panely a věncem. Díky tomu se docílí minimalizace vodorovných trhlin ve zdivu v oblasti napojení stropu na stěnu a rovněž se tím přispívá k lepší izolaci proti šíření zvuku konstrukcí.

Doprava panelů na staveniště společně s autojeřábem je zpravidla zajištěna montážní firmou. Při vykládání panelů jeřábem je nutné vycentrovat závěs, aby se zamezilo rozhoupání panelu při manipulaci a případnému poškození při ukládání či úrazům. Panely

jsou k závěsu uchyceny za 2 nebo 4 oka a při jejich manipulaci je důležité dbát pokynů vedoucího montáže a pravidel BOZP [14].

Obr. 2.31 Ukázka manipulace panelu jeřábem [14]

Panely se ukládají směrem od okapní hrany k hřebeni střechy. Při kladení panelů je dále potřeba zohlednit skutečnost, že panely jsou vyrýběny v šířce o 10 mm menší než je skladebná šířka panelu, ve které je kótován kladečský výkres. Užitečné je si graficky vyznačit délku a šířku uložení panelu na asfaltovém pásu např. křídou. Délka uložení panelů na nosné stěny je výrobcem udávána minimálně 125 mm a panely jsou orientovány vyčnívající výztuží na obvodové nosné stěny. Uložení panelů z boku je výrobcem doporučováno maximálně 100 mm, aby panel nezasahoval příliš do pozedního věnce a zároveň minimálně 10 mm z důvodu zamezení podtékání betonu při betonáži věnce.

V případě velkých rozponů nosných stěn je možné navrhnout vnitřní podporu jako šikmý ocelový nosník a panely ukládat na spodní pásnici profilu HEB (HEA). Minimální profily jsou HEB (HEA) 260 v případě, že má panel betonové zhlaví a vybrání výšky 15 mm v délce 150 mm a nebo HEB (HEA) 280 pro panely bez spodního vybrání. Zajištění panelu proti posunu po spádnici se provede přivařením ocelových trnů (úhelníků).

Jakmile jsou panely uloženy, vyzdí se po obvodu střechy věncovky a připraví se výztuž pozedního věnce. Výrobcem je doporučeno každou třetí věncovku zajistit pomocí vazacího drátu k panelu jako pojistka vůči vyvalení věncovek při betonáži věnce. Před betonáží se styčné spáry panelů důkladně navlhčí pro zajištění dobré soudržnosti. Pro betonáž spár je vhodný beton třídy C16/20 - XC1, měkké konzistence s kamenivem maximálně frakce 8mm.

Po vylití betonu je důležité jeho správné zhutnění a následné vlhčení vodou po dobu několika dní [13, 14].

Obr. 2.32 Uložení panelu na korunu stěny [14]

Obr. 2.33 Šikmá těžká střecha z panelů Heluz po betonáži [14]

2.4 Železobetonové monolitické šikmé střechy

Návrh těžkých šikmých střech pouze z monolitického železobetonu, bez vylehčujících keramických nebo pórobetonových vložek probíhá stejným způsobem jako návrh klasického železobetonového stropu. Tzn. stanoví se zatížení na konstrukci a spočítají se vnitřní síly (ohybový moment), na základě kterých se navrhne dostatečná výztuž. Oblasti, kterým je nutné věnovat větší pozornost jsou hřeben střechy, okapová hrana a případné otvory či prostupy střechou.

Specifikem monolitické železobetonové šikmé střechy oproti klasickému stropu je fakt, že je nutné zhotovit šikmé bednění. Rovněž jsou zde speciální požadavky na beton, zejména co se týče jeho konzistence. V případě velmi měkké až tekuté směsi by mohlo docházet k nadměrnému hromadění betonu při spondím okraji betonované plochy až přetékání přes bednění. Vhodná konzistence dle klasifikace podle sedutí kužele je konzistence stupně S3, která se používá pro konstrukce bez husté armatury a konstrukce ve spádu.

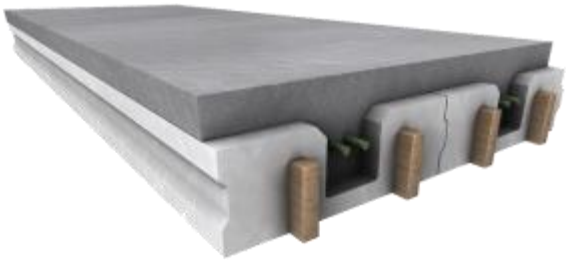
Obr. 2.34 Ukázka připraveného bednění pro sedlovou střechu ze železobetonu [18]

2.5 LiteDeck

Na závěr této části věnované popisu konstrukčních systémů vyvinutých pro těžké šikmé střešní konstrukce bude okrajově zmíněn systém, jenž se používá ve Spojených státech amerických.

Systém LiteDeck od firmy LiteForm vhodně využívá kombinace polystyrenu (EPS), betonu a ocelového (dřevěného) nosníku. Díky této kombinaci zaručuje dobré tepelně-izolační a akusticko-izolační vlastnosti a současně přispívá ke zvýšení stability objektu, což je významným atributem obzvláště pro obyvatele oblastí Severní Ameriky, jež jsou často vystavena tornádům a jiným nepříznivým povětrnostním vlivům [17].

Obr. 2.37 Schéma panelu LiteDeck SRS (Steel Rib System) s ocelovými nosníky [15]



Obr. 2.38 Schéma panelu LiteDeck WRS (Wood Rib System) s dřevěnými nosníky [16]

Jak by se na první pohled možná mohlo zdát, nejedná se o velkoformátové panely, nýbrž se jednotlivé komponenty dodávají na stavbu samostatně a teprve tam dochází k jejich kompletaci. Do profilovaných polystyrenových desek se nejprve zasunou ocelové nebo dřevěné nosníky a až poté dojde k uložení na nosné stěny či jiné podpory. Značnou výhodou je fakt, že polystyrenové desky lze velmi snadno jakkoliv zakrátit resp. upravit jejich tvar klasickou ruční pilou na polystyren. To platí i pro ocelové a dřevěné nosníky, které mohou

být uříznuty na požadovanou délku. Profilované polystyrenové desky vytvářejí formu pro vylití betonem a vložení výztuže.

Produktový katalog výrobce uvádí následující rozměrové varianty lišící se od sebe tloušťkou polystyrenové formy, tloušťkou nadbetonávky a odpovídajícím doporučeným rozponem [17].

Tab. 1 Rozměrová řada vyráběných systémů LiteDeck [17]

název	**tloušťka formy [mm]**	**tloušťka nadbetonávky [mm]**	**doporučený rozpon [m]**
System 6+2	150	50	2,4 až 5,2
System 6+4	150	100	2,4 až 6,4
System 8+2	200	50	2,4 až 5,8
System 8+4	200	100	2,4 až 7,0
System 10+2	250	50	2,4 až 6,4
System 10+4	250	100	2,7 až 7,6
System 12+2	300	50	3,0 až 7,9
System 12+4	300	100	3,3 až 9,1

Pozn.: Hodnoty v tabulce byly přepočteny z původních imperiálních jednotek.

Základní šířka systému, resp. polystyrenové výplně je 24 palců (600 mm) a 48 palců (1200 mm). V podkladech pro projektanty výrobce dále uvádí pro každý ze systémů tabulku s očekávaným optimálním vyztužením betonových žeber, současně však dodává, že tyto návrhové tabulky slouží výhradně pro odhad ceny a konečný návrh vyztužení musí být proveden autorizovaným projektantem.

Realizace šikmé střechy v systému LiteDeck je díky nízké hmotnosti forem přívětivá pro stavbu svépomocí, nicméně pracnosti montáže značně přispívá nutnost montážního podepření, ruční vkládání výztužných prutů do žeber a potřeba realizace nadbetonávky za použití horní výztužné sítě [17].

Obr. 2.39 Ukázka realizace [18]

Obr. 2.40 Ukázka realizace [18]

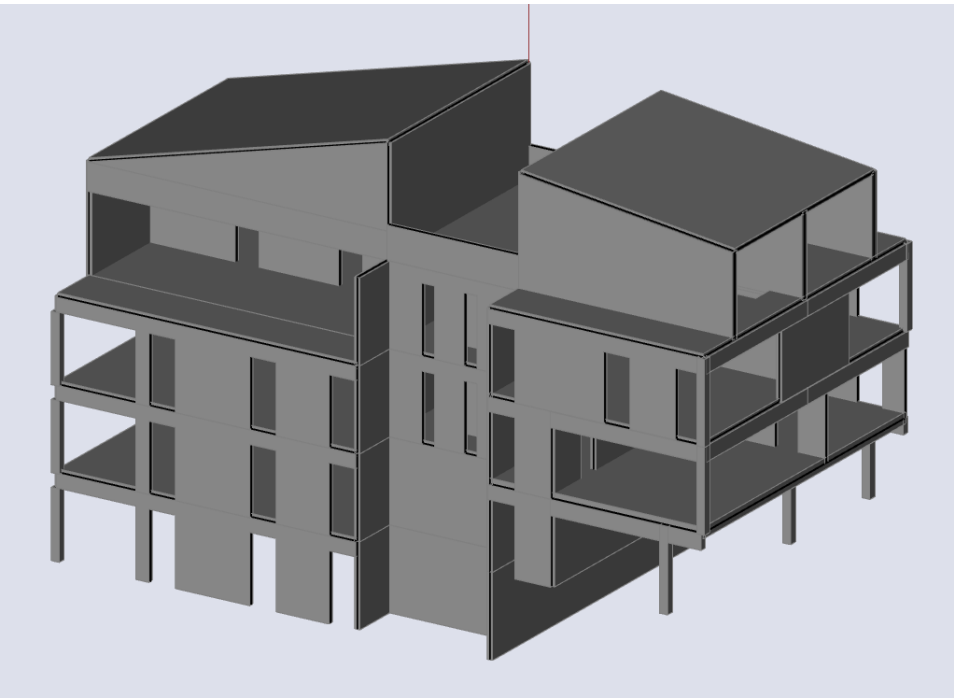
3 Řešený objekt

Variantní návrh konstrukčního řešení těžké střechy z betonu bude proveden na objektu bytového domu, jenž byl použit v předcházejícím semestru studia v předmětu Projekt 2.

Mezi podklady, ze kterých bude v této práci čerpáno, patří zejména navržený konstrukční systém objektu, materiálové řešení a výpočetní model objektu, jež byly vypracovány na základě architektonické studie objektu [19].

Obr. 3.1 Fotografie bytového domu [19]

Obr. 3.2 Fotografie bytového domu [19]



Obr. 3.3 Výpočetní model objektu

3.1 Základní popis objektu

Novostavba řešeného bytového domu se nachází v Ostravě, v městské části Pustkovec. Objekt má půdorys tvaru obdélníku o rozměrech 24,91 m a 12,56 m a je orientován svou delší stranou na sever, resp. jih. Objekt je pětipodlažní, hmotově je řešen jako kvádr, přičemž jeho charakteristickými prvky jsou zapuštěné lodžie ve spodních podlažích levé části objektu, dále ustupující nejvyšší podlaží a přilehlé terasy a také vykonzolovaná pravá část objektu, pod kterou se nacházejí parkovací stání. V objektu je pět nadzemních podlaží s bytovými jednotkami. Součástí přízemí je technická místnost a kočárkárna. Další skladovací prostory jsou situovány naproti schodišti v horních podlažích. Objekt je komunikačním prostorem rozdělen na dvě sekce a vždy každé sekci náleží jeden byt pro každé podlaží, přičemž vrchní ustupující podlaží obsahuje prostory náležící bytu o podlaží níže. Obě části mají pultovou střechu orientovanou vzájemně opačným směrem. Dispozice bytů se soustřeďuje především okolo obývacích pokojů, jejichž plocha výrazně převažuje nad jinými místnostmi. Obývací pokoje mají výstup na lodžii nebo terasu. Součástí obývacích pokojů je také kuchyňský kout. Sociální zázemí jsou umístěna v centrální části objektu. Většinou jsou WC a koupelna řešeny jako jedna místnost. Přístup k bytům je možný pomocí schodiště nebo výtahu, který je umístěn v zrcadle schodiště, a hlavní chodby.

3.2 Nosný systém

Nosný systém budovy je kombinovaný – převážně stěnový doplněný o sloupy. V objektu jsou navrženy železobetonové monolitické nosné stěny tloušťky 200 mm. Uvnitř dispozice 1.NP, 2.NP a 3. NP jsou navrženy železobetonové sloupy čtvercového průřezu 300x300 mm. Ty jsou použity rovněž na vnější části objektu, která slouží pro parkovací stání. Dále jsou v objektu železobetonové stěnové nosníky tl. 200 mm. Ve 4.NP jsou použity lehké zdící bloky z pórobetonu pro odlehčení stropní konstrukce kvůli přerušení návaznosti svislých nosných stěn ve spodním podlaží. Tloušťka stěny zde činí 300 mm.

Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové v celém objektu, tl. 230 mm. Objekt je založen na plošných základech (ŽB patky a pasy).

Hlavní schodiště budovy je železobetonové dvouramenné s prefabrikovanými rameny a monolitickou mezipodestou. Tloušťka mezipodest bude shodná s tloušťkou stropních desek nadzemních podlaží (230 mm). Schodišťové stupně budou výšky 166,7 mm a šířka 300 mm.

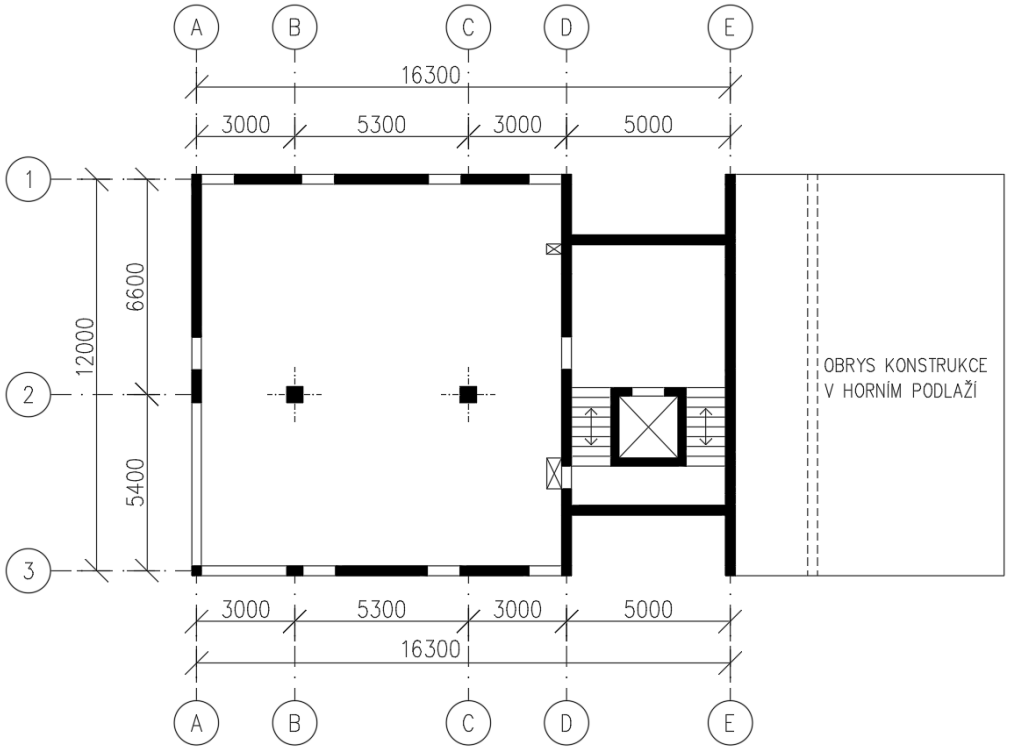
Prostorová tuhost objektu je zajištěná ŽB stěnami a stropními deskami. Celým objektem prochází stěnové schodišťové jádro.

3.3 Materiálové řešení

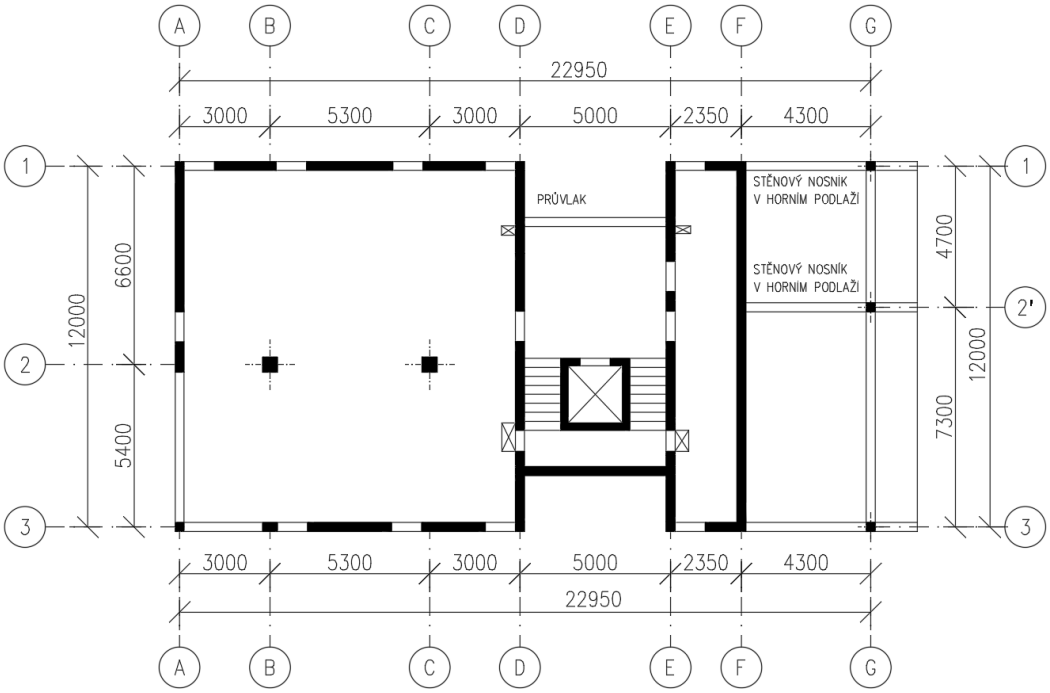
Konstrukce je navržena ze železobetonu v kombinaci s výplňovým zdivem.

- prostý beton - zákl. konstr.: C 20/25 XC2 (CZ) - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3
- železobeton - nosné konstr.: C 30/37 XC3 (CZ) - Cl 0,2 - Dmax 16 - S3
- 4. NP, pravá část objektu: Ytong Standard P2-400, tl. 300 mm na maltu M5
- výplňové zdivo: Ytong Standard P2-400, tl. 300 mm na maltu M5
- příčky: Ytong Klasik, tl. 125 mm na maltu M5
- Výztuž ŽB konstrukcí: ocel B500B

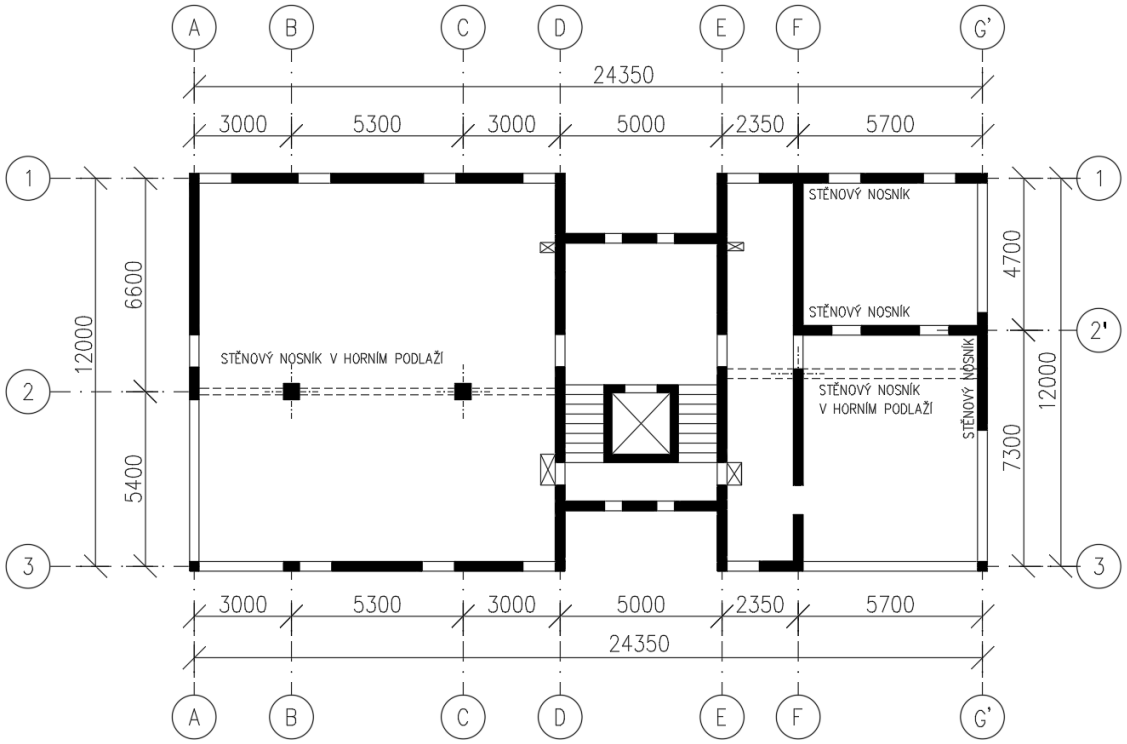
3.4 Schémata konstrukčního systému



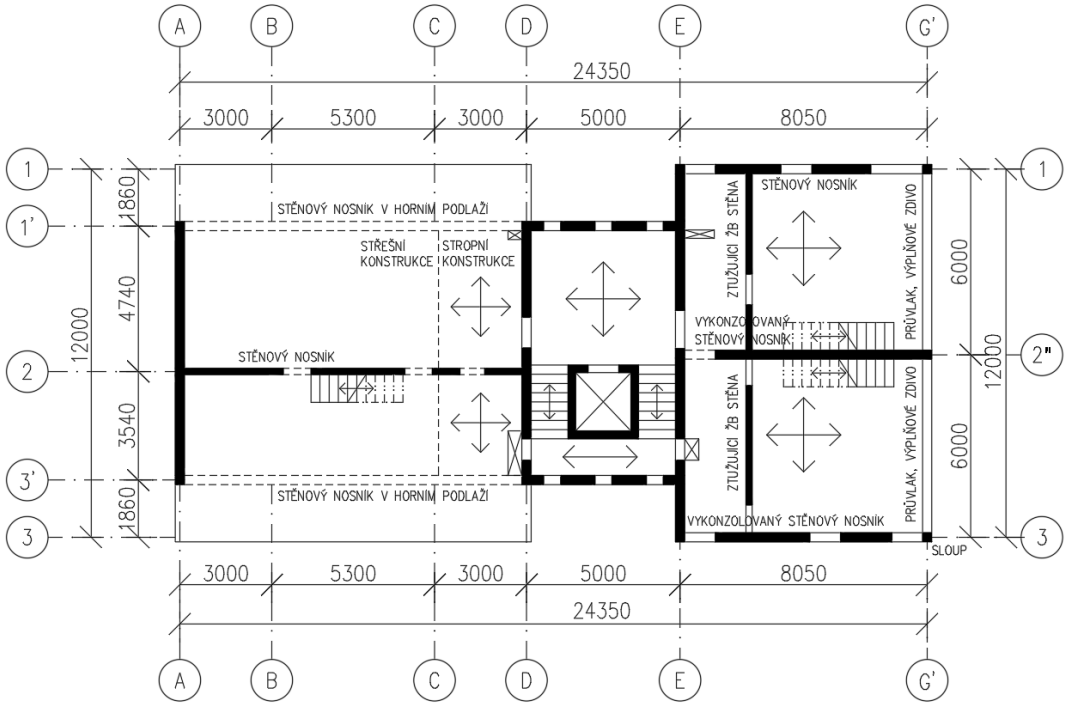
Obr. 3.4 Konstrukční schéma 1.NP



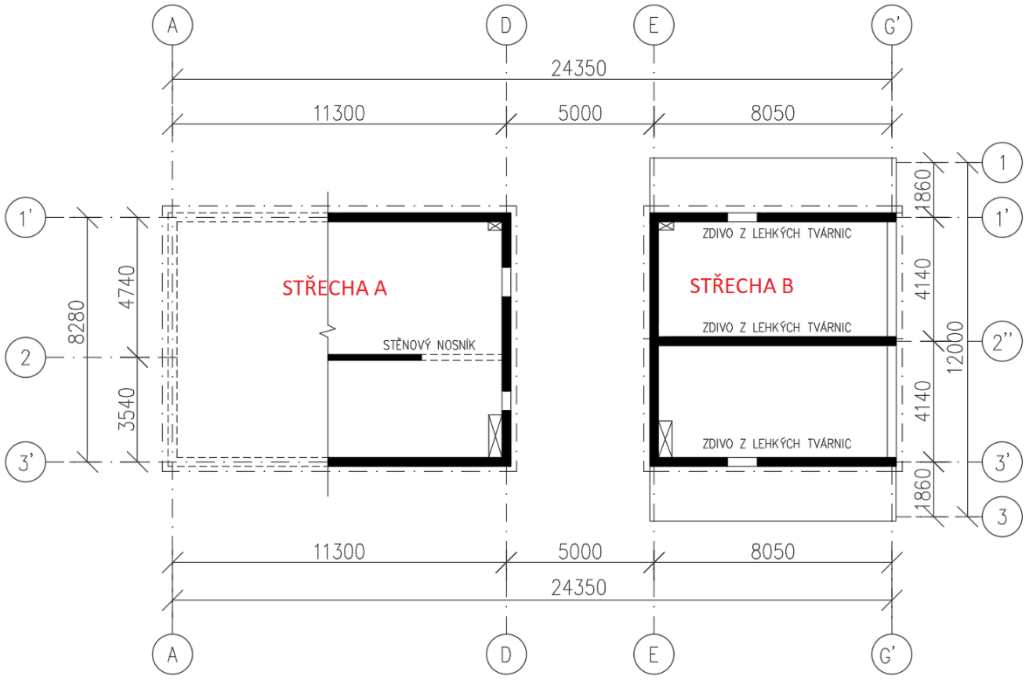
Obr. 3.5 Konstrukční schéma 2.NP



Obr. 3.6 Konstrukční schéma 3.NP



Obr. 3.7 Konstrukční schéma 4.NP



Obr. 3.8 Konstrukční schéma 5.NP - včetně označení střešních konstrukcí

3.5 Zatížení

V podkapitolách 3.5.1 až 3.5.5 jsou uvedeny charakteristické hodnoty zatížení, jež působí na střešní konstrukci. Pro získání návrhových hodnot je nutné vynásobit hodnoty charakteristické dílčím součinitelem bezpečnosti, jenž je pro stálá zatížení 1,35 a pro proměnná zatížení 1,5.

3.5.1 Stálé zatížení od vlastní tíhy nosné konstrukce

Jelikož bude návrh těžké střechy ve variantním řešení, budou zde uvedeny hodnoty plošného charakteristického zatížení pro všechny řešené varianty. Nicméně návrh v systému Ytong i v systému Heluz je založen na statických tabulkách výrobce, které již počítají s vlastní tíhou nosné konstrukce, zatímco návrh železobetonové desky bude proveden pomocí výpočetního softwaru SCIA Engineer. Proto mají zde uvedené hodnoty spíše informační charakter.

- Ytong: 2,1 kN/m^2 (tl. 200 mm)
- Heluz: 3,6 kN/m^2 (tl. 230 mm)
- železobeton: 4,6 kN/m^2 (tl. 200 mm)

3.5.2 Ostatní stálé zatížení od střešního pláště

Uvažovaný střešní plášť bude shodný pro všechny řešené varianty.

vrstva	tloušťka d (mm)	obj. hm. (kg/m^3)	g_k (kN/m^2)
krytina - taška Tondach Brněnka 14, engoba, červená	20	-	0,620
dřevěné latě 40x60 / vzduchová mezera	2x40	-	-
pojistná hydroizolace - difúzně propustná fólie DEKTEN PRO II	0,5	-	-
pomocné krokve, 120/200, osová vzd. 1000 mm	200	700	0,168
vzduchová mezera mezi krokvemi	20	-	-
tepelná izolace mezi krokvemi ISOVER UNIROL PROFI	180	-	-
tepelná izolace pod krokvemi ISOVER UNIROL PROFI	60	-	-
parozábrana DEKFOL N 110 STANDARD	-	-	0,001
CELKEM	380		0,8

Tab. 2 Skladba střešního pláště

3.5.3 Proměnné zatížení užitné

Nepřístupná střecha s výjimkou údržby a oprav - kategorie H:

q_k = 0,75 kN/m^2

3.5.4 Proměnné zatížení od sněhu

pultová střecha: μ = 0,8
součinitel expozice: C_e = 1
součinitel tepla: C_t = 1
Ostrava - sněhová oblast II - charakteristické zatížení sněhem: s_k - 1 kN/m^2

Průměrné zatížení sněhem: $s = \mu * C_e * C_t * s_k$ = 0,8 * 1 * 1 * 1 = 0,8 kN/m^2

Hodnota proměnného zatížení střechy bude uvažována jako větší z hodnot:

- užitné zatížení střechy: 0,75 kN/m^2
- zatížení sněhem: 0,8 kN/m^2

3.5.5 Proměnné zatížení od větru

kategorie terénu: III

větrná oblast: II

<u>základní rychlost větru:</u>

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$

kde

$v_{b,0}$ je výchozí základní rychlost větru pro danou oblast, $v_{b,0}$ = 25 m/s

c_{dir} součinitel směru větru, doporučená hodnota 1,0

c_{season} součinitel ročního období, doporučená hodnota 1,0

$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 25\ m/s$

<u>maximální dynamický tlak větru:</u>

$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$

kde

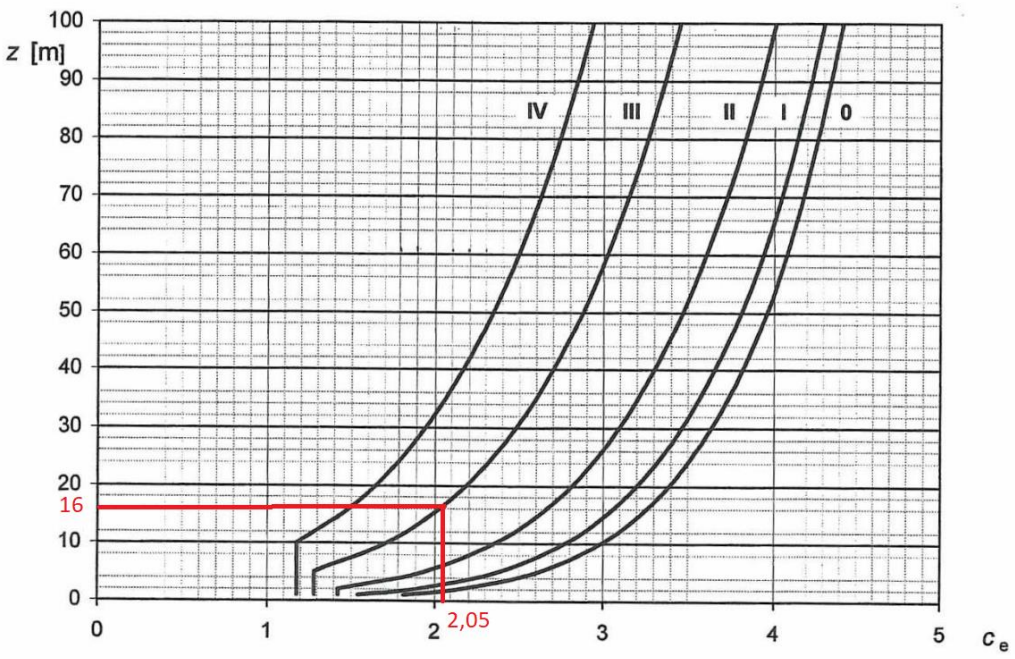
$c_e(z)$ součinitel expozice

q_b základní dynamický tlak větru, $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$

kde

ρ je měrná hmotnost vzduchu, doporučená hodnota 1,25 kg/m^3

$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1{,}25 \cdot 25^2 = 390{,}6\ Pa = 0{,}39\ kPa$



Obr. 3.9 Součinitel expozice v závislosti na výšce nad terénem a kategorii terénu [21]

$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 2{,}05 \cdot 0{,}39 = 0{,}7995\ kPa$

tlak větru na povrchy:

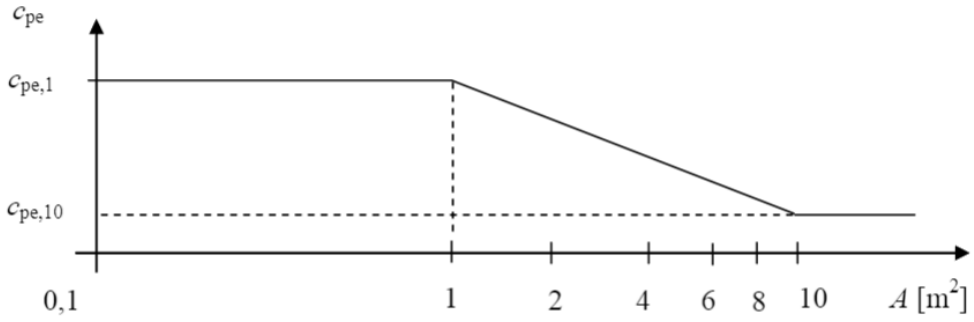
$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$

$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$

kde

c_{pe}, c_{pi} součinitel vnějšího a vnitřního tlaku

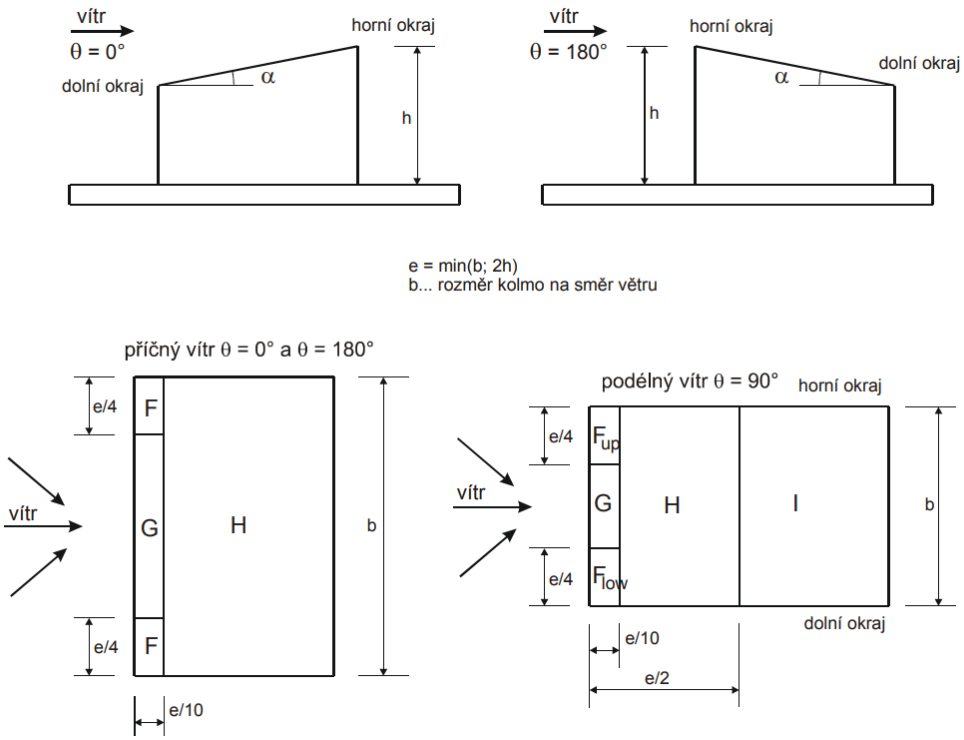
z_e, z_i referenční výška pro vnější a vnitřní tlak



Obr 3.10 Závislost součinitele c_{pe} na ploše A [21]

Z obr. 3.9 vyplývá:

pro $A \geq 10\ m^2$ $c_{pe} = c_{p,10}$



Obr 3.11 Schéma rozdělení oblastí pro pultovou střechu [21]

Střecha A:

$e_{př} = \min(b; 2h) = \min(8{,}28; 2 \cdot 16) = 8{,}28\ m$

$e_{po} = \min(b; 2h) = \min(11{,}3; 2 \cdot 16) = 11{,}3\ m$

Střecha B:

$e_{př} = \min(b; 2h) = \min(8{,}28; 2 \cdot 16) = 8{,}28\ m$

$e_{po} = \min(b; 2h) = \min(8{,}05; 2 \cdot 16) = 8{,}05\ m$

Z důvodu velmi malých ploch oblastí F a G budou tyto oblasti zanedbány.

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru θ = 0°						Oblast pro směr větru θ = 180°					
	F		**G**		**H**		**F**		**G**		**H**	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Tab. 3 Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro pultové střechy [21]

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru θ = 90°									
	F_{up}		**F_{low}**		**G**		**H**		**I**	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

Tab. 4 Hodnoty součinitelů vnějších tlaků c_{pe} pro pultové střechy [21]

střecha A

úhel sklonu střechy: $\alpha = 15°$

pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	w_e [kPa]
H	0,7995	0,2; -0,3	0,16; -0,24

Tab. 5 Zatížení větrem v příčném směru

pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	w_e [kPa]
H	0,7995	-0,8	-0,64
I	0,7995	-0,7	-0,56

Tab. 6 Zatížení větrem v podélném směru

střecha B

úhel sklonu střechy: $\alpha = 7°$

pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	w_e [kPa]
H	0,7995	0; -0,45	0; -0,36

Tab. 7 Zatížení větrem v příčném směru

pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	w_e [kPa]
H	0,7995	-0,7	-0,56
I	0,7995	-0,6	-0,48

Tab. 8 Zatížení větrem v podélném směru

4 Návrh variant těžké šikmé střechy

Návrh těžké šikmé střechy bude zpracován ve variantním provedení, kdy první varianta se bude zabývat systémem nonsníků a vložek, druhá varianta bude založena na keramobetonových panelech a třetí bude železebetonová deska.

4.1 Varianta 1 - systém nosníků a vložek

Jelikož je tento systém v České republice nabízen dvěma předními výrobci, firmami Xella (Ytong) a Wienerberger (Porotherm), bude návrh proveden pouze pro jednu z těchto variant, a sice pro systém Ytong Komfort, jenž má u nás delší historii a disponuje propracovanějšími podklady.

Střecha A

- návrh je proveden pro střechu Ytong Komfort tloušťky 200 mm.
- světlá vzdálenost podpor: 4,54 m a 3,34 m
- nosníky orientovány kolmo ke spádníci
- minimální uložení nosníku 150 mm

Vlastní tíha nosné konstrukce - viz podklady výrobce [8]

$g_{k,kolmo} = 2{,}088\ kN/m^2$

$g_{k,rovnob} = 0{,}368\ kN/m^2$

Ostatní stálé zatížení

$g_{ost,k,kolmo} = g_{ost,k} \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 15° = 0{,}788\ kN/m^2$

$g_{ost,k,rovnob} = g_{ost,k} \cdot \sin\alpha = 0{,}8 \cdot \sin 15° = 0{,}139\ kN/m^2$

Sníh

$s_{k,kolmo} = s_k \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 15° = 0{,}773\ kN/m^2$

$s_{k,rovnob} = s_k \cdot \sin\alpha = 0{,}8 \cdot \sin 15° = 0{,}207\ kN/m^2$

Zatížení větrem - tlak

$w_{k,kolmo} = 0{,}16\ kN/m^2$

Zatížení větrem - sání

$w_{k,kolmo} = -0{,}64\ kN/m^2$

Jelikož v podkladech výrobce jsou tabulky pro návrh střešních nosníků přizpůsobeny tak, že je ze vztahů pro maximální moment únosnosti, max. posouvající sílu i limitní průhyb vyjádřena pouze složka se zatížením od sněhu a větru, bude proveden posudek právě pro toto zatížení.

Zatížení na konstrukci od sněhu a větru

$s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}77 + 0{,}16 = 0{,}93\ kN/m^2$

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci na mezi únosnosti vyjádřeno z M_{Rd} pro délku nosníku 5,0 m - viz podklady výrobce [8] a příloha 5

$(s + w)_{max} = 7{,}23\ kN/m^2$ VYHOVUJE

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci pro limitní průhyb vyjádřeno z w_{lim} = 1/250 pro délku nosníku 5,0 m - viz podklady výrobce, str. 23 [8] a příloha 5

$(s + w)_{max} = 2{,}91\ kN/m^2$ VYHOVUJE

Střecha B

- návrh je proveden pro střechu Ytong Komfort tloušťky 200 mm.
- světlá vzdálenost podpor: 3,84 m
- nosníky orientovány kolmo ke spádnici
- minimální uložení nosníku 150 mm

Vlastní tíha nosné konstrukce - viz podklady výrobce [8]

$g_{k,kolmo} = 2{,}088\ kN/m^2$

$g_{k,rovnob} = 0{,}368\ kN/m^2$

Ostatní stálé zatížení

$g_{ost,k,kolmo} = g_{ost,k} \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 7° \approx 0{,}8\ kN/m^2$

$g_{ost,k,rovnob} = g_{ost,k} \cdot \sin\alpha = 0{,}8 \cdot \sin 7° \approx 0\ kN/m^2$

Sníh

$s_{k,kolmo} = s_k \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 7° = 0{,}794\ kN/m^2$

$s_{k,rovnob} = s_k \cdot \sin\alpha = 0{,}8 \cdot \sin 7° = 0{,}097\ kN/m^2$

Zatížení větrem - tlak

$w_{k,kolmo} = 0\ kN/m^2$

Zatížení větrem - sání

$w_{k,kolmo} = -0{,}56\ kN/m^2$

Zatížení na konstrukci od sněhu a větru

$s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}77 + 0 = 0{,}77\ kN/m^2$

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci na mezi únosnosti vyjádřeno z M_{Rd} pro délku nosníku 4,2 m - viz podklady výrobce [8] a příloha 6

$(s + w)_{max} = 8{,}44\ kN/m^2$ VYHOVUJE

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci pro limitní průhyb vyjádřeno z w_{lim} =1/250 pro délku nosníku 4,2 m - viz podklady výrobce [8] a příloha 6

$(s + w)_{max} = 4{,}08\ kN/m^2$ VYHOVUJE

NÁVRH:

Výška nadbetonávky: 0 mm

Vložky: Ytong+ 200 mm

Nosník: výška 175 mm, rozměr příruby betonového trámce 40 × 120 mm

Výztuž: BSt 500B

Beton příruby nosníků: min. C20/25 XC1

Beton monolitu: min. C20/25

Spotřeba betonu na zmonolitnění: 0,04338 m^3 / m^2 stropu

Min. uložení nosníků: 150mm

Příloha 1 - výkres skladby - systém Ytong

4.2 Varianta 2 - panely

Střecha A

- návrh je proveden pro střechu Heluz tloušťky 230 mm.
- světlá vzdálenost podpor: 4,515 m a 3,315 m
- minimální uložení panelů 125 mm

Budou uvažovány totožné hodnoty ostatního stálého zatížení od střešního pláště, zatížení od sněhu i zatížení větrem jako v kapitole 4.1.
Pro posouzení únosnosti panelu pomocí statických tabulek výrobce je třeba určit charakteristickou hodnotu rovnoměrného zatížení, kterým lze přitížit panel, tzn. součet zatížení od sněhu, větru a střešního pláště. Tyto hodnoty byly spočteny v kapitole 4.1

Ostatní stálé zatížení

$g_{ost,k,kolmo} = g_{ost,k} \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 7° \approx 0{,}8\ kN/m^2$

Zatížení na konstrukci od sněhu a větru

$s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}77 + 0{,}16 = 0{,}93\ kN/m^2$

Celkové char. zatížení působící na panel

$g_{ost,k,kolmo} + s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}8 + 0{,}77 + 0{,}16 = 1{,}73\ kN/m^2$

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci na mezi únosnosti pro délku panelu 4,75 m - viz podklady výrobce [20] - příloha 7

$(s + w)_{max} = 4{,}3\ kN/m^2$ VYHOVUJE

Střecha B

- návrh je proveden pro střechu Heluz tloušťky 230 mm.
- světlá vzdálenost podpor: 3,84 m
- minimální uložení panelů 125 mm

Ostatní stálé zatížení

$g_{ost,k,kolmo} = g_{ost,k} \cdot \cos\alpha = 0{,}8 \cdot \cos 7° \approx 0{,}8\ kN/m^2$

Zatížení na konstrukci od sněhu a větru

$s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}77 + 0 = 0{,}77\ kN/m^2$

Celkové char. zatížení, působící na panel

$g_{ost,k,kolmo} + s_{k,kolmo} + w_{k,kolmo} = 0{,}8 + 0{,}77 + 0 = 1{,}57\ kN/m^2$

Maximální zatížení od sněhu a větru na konstrukci na mezi únosnosti pro délku panelu 4,25 m - viz podklady výrobce [22] - příloha 7

$(s + w)_{max} = 5{,}9\ kN/m^2$ VYHOVUJE

NÁVRH:

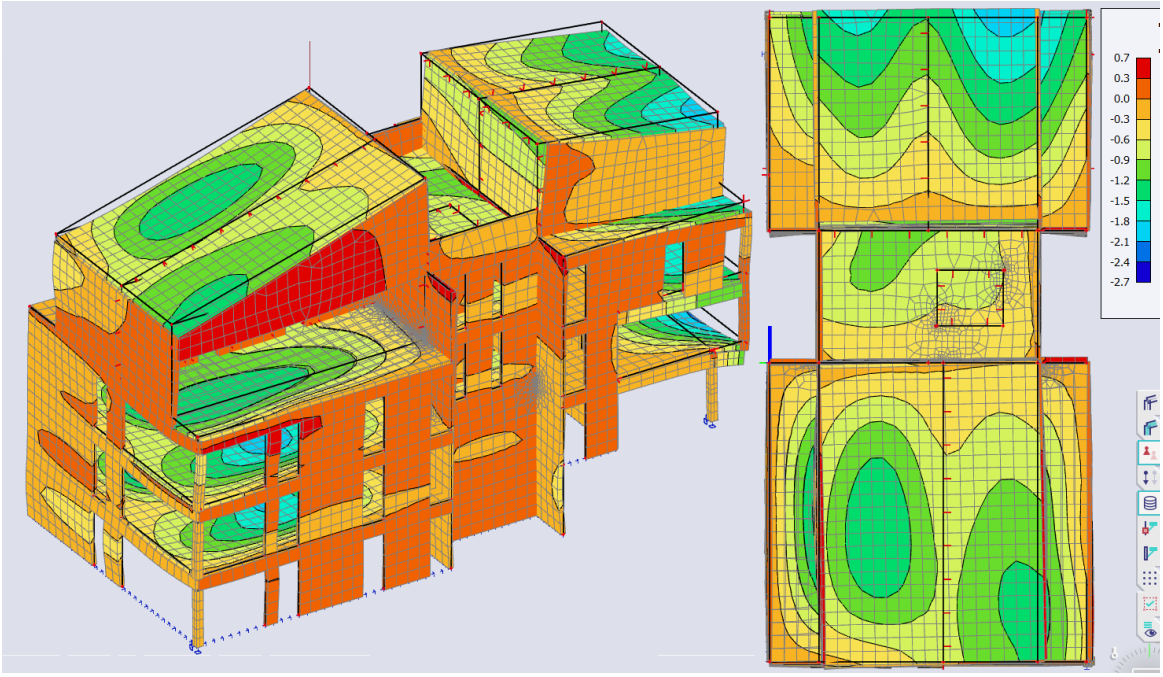
- Střecha A - světlá vzdálenost podpor 4,515 m
  panely Heluz 4750 / 1200 / 230
  podélná spodní výztuž 2x ø14 mm + 2x ø12 mm
- Střecha A - světlá vzdálenost podpor 3,34 m
  panely Heluz 3750 / 1200 / 230
  podélná spodní výztuž 2x ø10 mm + 2x ø10 mm
- Střecha B - světlá vzdálenost podpor 3,315 m
  panely Heluz 4250 / 1200 / 230
  podélná spodní výztuž 2x ø12 mm + 2x ø10 mm

Pozn.: Kvůli minimálnímu uložení panelů, které činí 125 mm, je podmínkou pro tuto variantu úprava konstrukčního řešení objektu, která zahrnuje zvětšení tloušťky stěnového nosníku pod střechou A z 200 mm na 250 mm.

Příloha 2 - výkres skladby - systém Heluz

4.3 Varianta 3 - železobetonová deska

Návrh železobetonové střešní desky bude proveden za pomocí výpočetního programu SCIA Engineer na 3D modelu objektu. V prvním kroku je nutné určit tloušťku střešní desky s ohledem na její vliv na navazující nosné konstrukce. Jako vhodná tloušťka se jeví hodnota 200 mm, neboť při nižších tloušťkách desky výpočentní model počítal znatelně větší deformace, zatímco u tlouštěk desky vyšších než 200 mm byl rozdíl zanedbatelný.

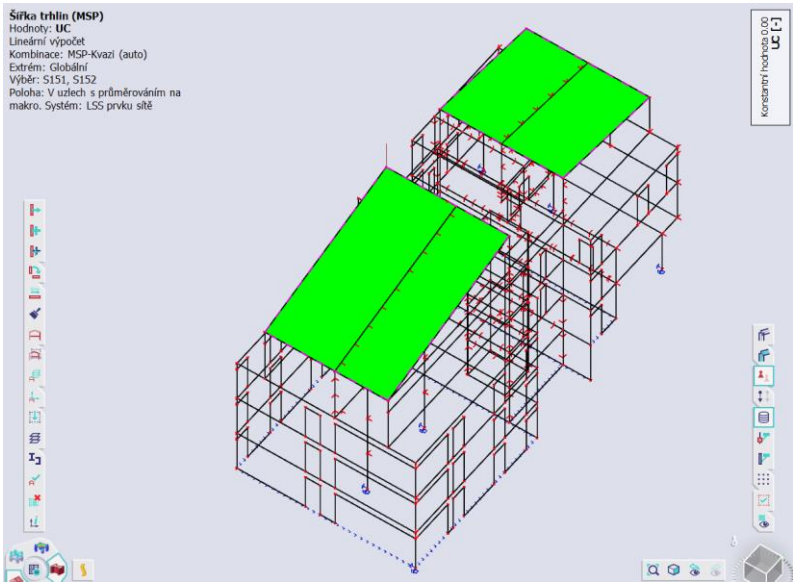


Obr. 4.1 - výpočetní model objetku - 3D deformace - tl. střešní desky 200 mm

Před návrhem výztuže je nutné ověřit mezní stavy použitelnosti - průhyb a šířku trhlin, zda nepřekračují limitní hodnoty. To se provede v modulu „Beton“ pomocí funkce „Posudek šířky trhlin“ a „normově závislý průhyb“ při uvážení nutné plochy výztuže jako typu výztuže. Pro posouzení šířky trhlin a průhybu byla při výpočtu programem SCIA byla zadána kvazistálá kombinace. Kombinace obsahuje tyto zatěžovací stavy: vlastní tíha, ostatní stálé, sníh a vítr.

4.3.1 Posouzení šířky trhlin

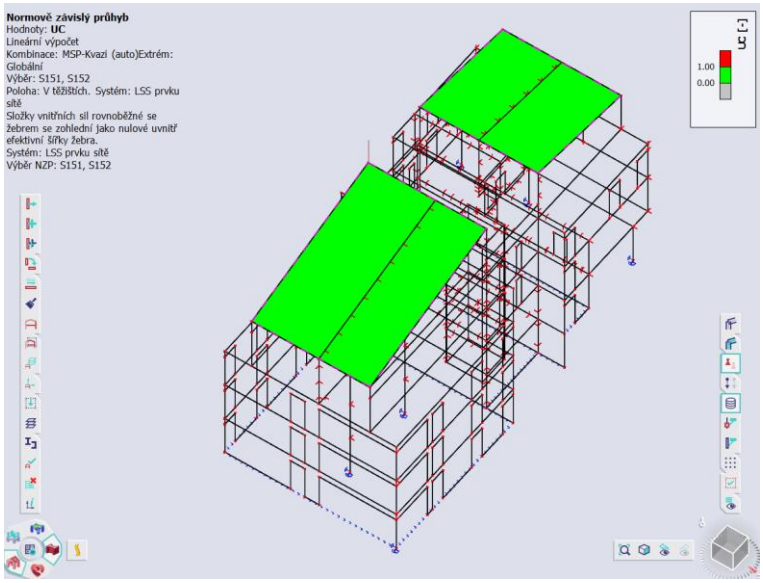
Na obrázku č. 4.2 je zelenou barvou znázorněno, žna celé střešní desce jak u střechy A tak i u střechy B nedochází k překročení limitních hodnot šířky trhlin.



Obr. 4.2 Šířka trhlin

4.3.2 Posouzení průhybu

Normově závislý průhyb je průhyb, který odpovídá postupu výpočtu dle Eurokódu 2 (lineární výpočet s efektivním modulem pružnosti → určení míst vzniku trhlin → výpočet změny tuhosti konstrukce po vzniku trhlin → výpočet průhybu se změněnými tuhostmi). Bude spočten pro kvazistálou kombinaci zatížení pro výztuž nutnou, spočtenou programem pro kombinaci MSÚ. Zelená barva značí, že normově závislý průhyb se nachází v limitních hodnotách.

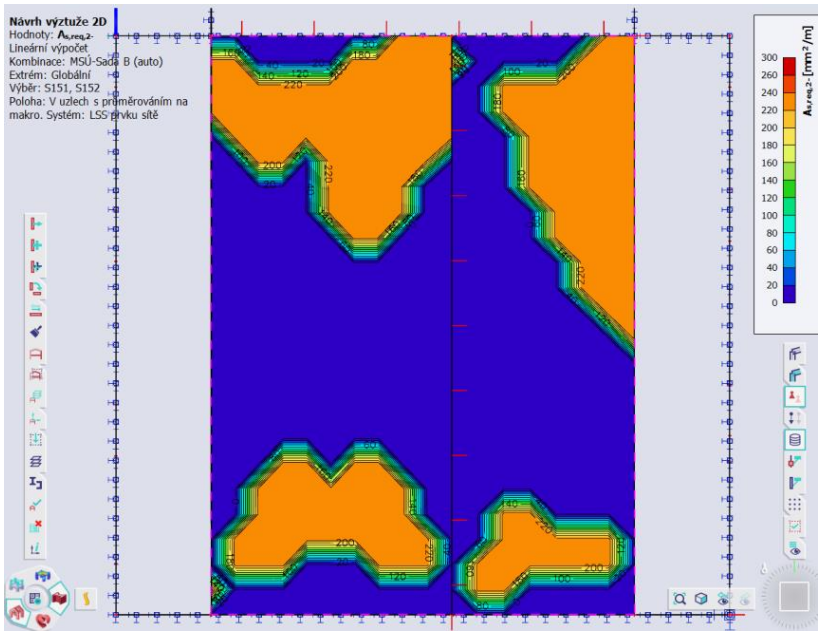


Obr. 4.3 Normově závislý průhyb

4.3.3 Návrh dolní výztuže - střecha A

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro svislý směr v hodnotách **220 až 240 mm²/m.**

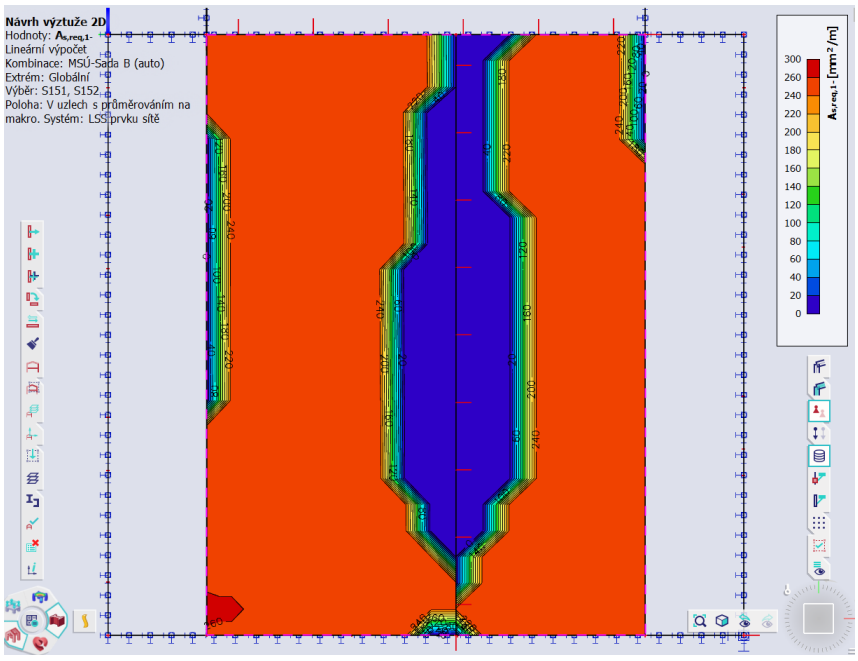
Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 200 mm (As,prov = 251 mm² /m)**



Obr. 4.4 Požadovaná plocha výztuže - svislý směr

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro vodorovný směr v hodnotách **240 až 260 mm²/m.**

Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 180 mm (As,prov = 279 mm² /m)**

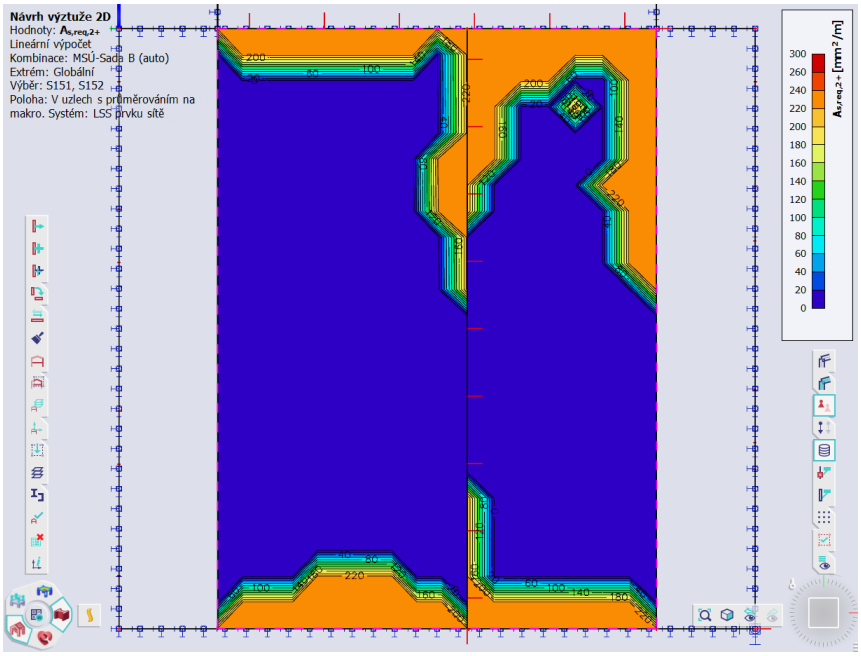


Obr. 4.5 Požadovaná plocha výztuže -vodorovný směr

4.3.4 Návrh horní výztuže - střecha A

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro svislý směr v hodnotách **220 až 240 mm²/m.**

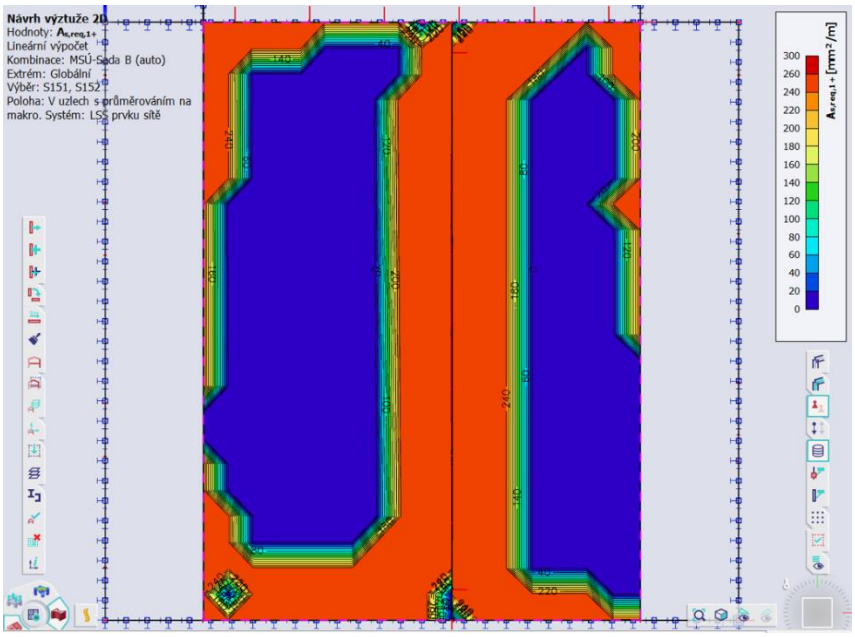
Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 200 mm (As,prov = 251 mm² /m)**



Obr. 4.6 Požadovaná plocha výztuže - svislý směr

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro vodorovný směr v hodnotách **240 až 260 mm²/m.**

Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 180 mm (As,prov = 279 mm² /m)**

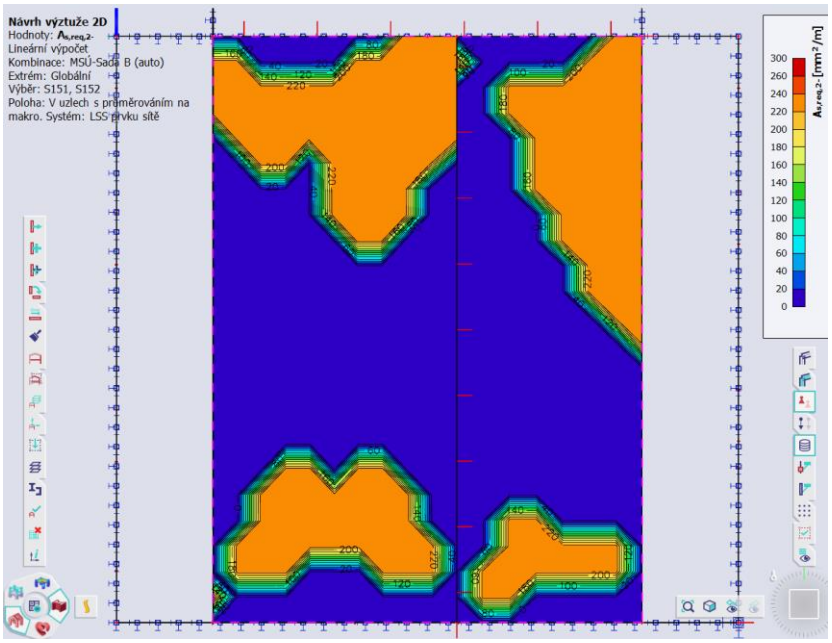


Obr. 4.7 Požadovaná plocha výztuže - vodorovný směr

4.3.5 Návrh dolní výztuže - střecha B

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro svislý směr v hodnotách **220 až 240 mm^2/m.**

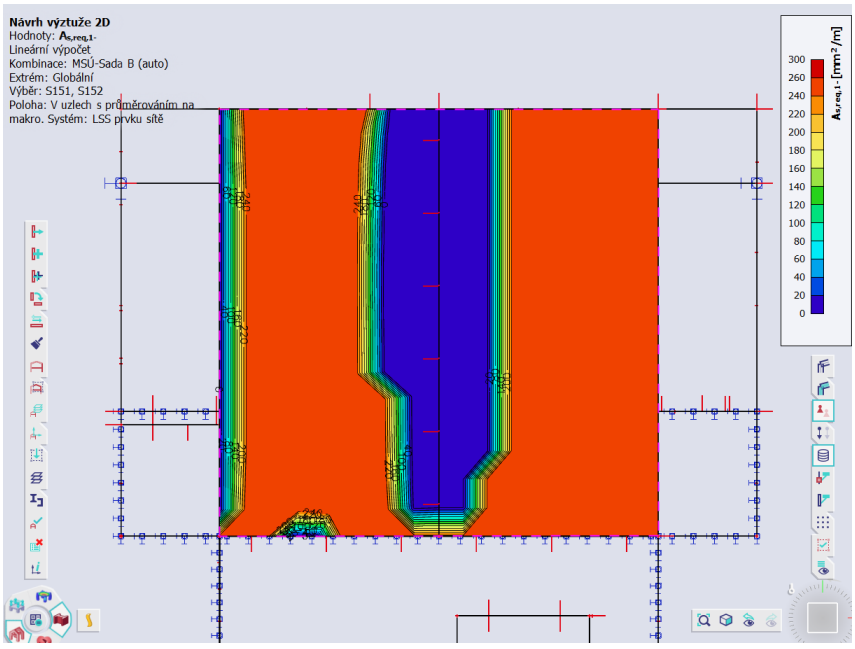
Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 200 mm (As,prov = 251 mm^2 /m)**



Obr. 4.8 Požadovaná plocha výztuže - svislý směr

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro vodorovný směr v hodnotách **240 až 260 mm^2/m.**

Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 180 mm (As,prov = 279 mm^2 /m)**

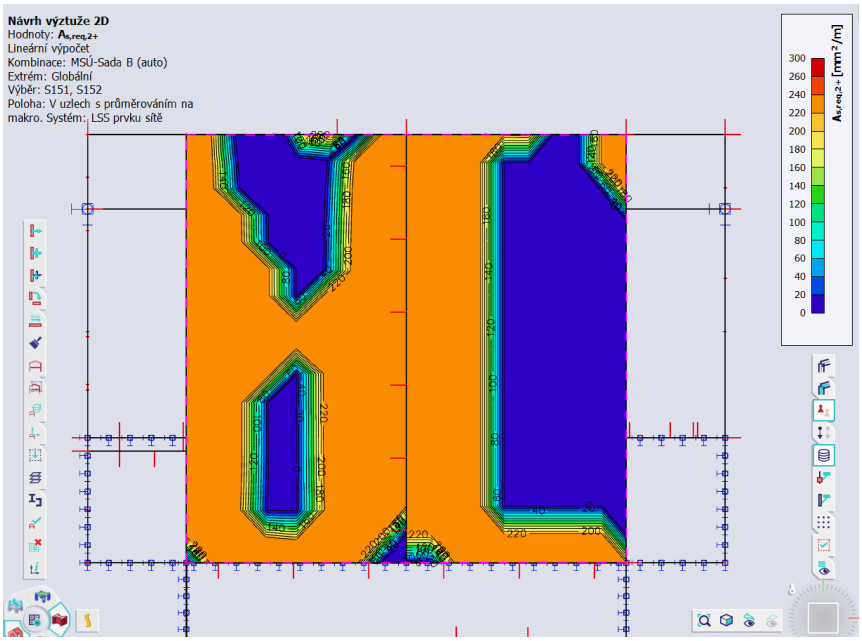


Obr. 4.9 Požadovaná plocha výztuže - vodorovný směr

4.3.6 Návrh horní výztuže - střecha B

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro svislý směr v hodnotách **220 až 240 mm²/m.**

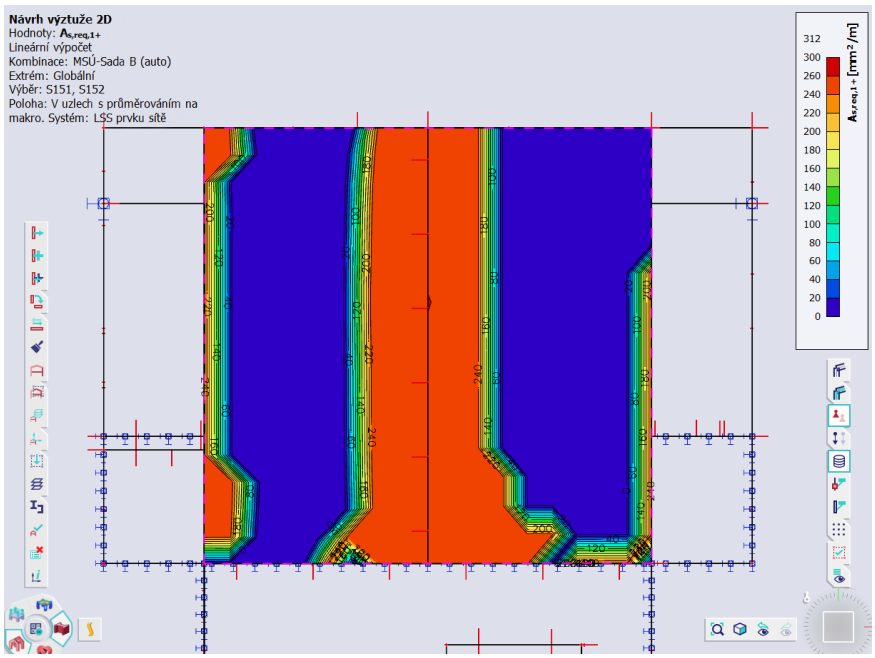
Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 200 mm (As,prov = 251 mm² /m)**



Obr. 4.10 Požadovaná plocha výztuže - svislý směr

Požadovaná plocha výztuže v nejvíce namáhaných průřezech se pohybuje pro vodorovný směr v hodnotách **240 až 260 mm²/m.**

Navrhuji výztuž: **Ø8 mm á 180 mm (As,prov = 279 mm² /m)**



Obr. 4.11 Požadovaná plocha výztuže - vodorovný směr

4.3.7 Konstrukční zásady

4.3.7.1 Kontrola plochy výztuže

Minimální plocha výztuže

$$A_{s,min} = \max\left(0{,}26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_i \cdot d_i;\ 0{,}0013 \cdot b_i \cdot d_i\right)$$

Maxiální plocha výztuže

$$A_{s,max} = 0{,}04 \cdot b_i \cdot h_i$$

Posouzení

$$A_{s,min} \leq A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

STŘECHA A	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	$A_{s,prov}$	Posouzení
	mm^2	mm^2	mm^2	
dolní - svislý směr	229	8000	251	SPLNĚNO
dolní - vodor. směr	218	8000	279	SPLNĚNO
horní - svislý směr	229	8000	251	SPLNĚNO
horní - vodor. směr	218	8000	279	SPLNĚNO

STŘECHA B	$A_{s,min}$	$A_{s,max}$	$A_{s,prov}$	Posouzení
	mm^2	mm^2	mm^2	
dolní - svislý směr	229	8000	251	SPLNĚNO
dolní - vodor. směr	218	8000	279	SPLNĚNO
horní - svislý směr	229	8000	251	SPLNĚNO
horní - vodor. směr	218	8000	279	SPLNĚNO

4.3.7.1 Kontrola plochy výztuže

Maximální vzdálenost výztuže

$s_{max} = \min\,(2 \cdot h_i; 250mm)$

Minimální světlá vzdálenost výztuže

$s_{min} = \max(20mm; 1{,}2 \cdot \emptyset_i; D_{max} + 5mm)$

Posouzení

$s_{min} \leq s \leq s_{max}$

STŘECHA A	ø	d	s_{min}	s_{max}	s	Posouzení
	mm	mm	mm	mm	mm	
dolní - svislý směr	8	176	21	250	192	SPLNĚNO
dolní - vodor. směr	8	168	21	250	172	SPLNĚNO
horní - svislý směr	8	176	21	250	192	SPLNĚNO
horní - vodor. směr	8	168	21	250	172	SPLNĚNO

STŘECHA B	ø	d	s_{min}	s_{max}	s	Posouzení
	mm	mm	mm	mm	mm	
dolní - svislý směr	8	176	21	250	192	SPLNĚNO
dolní - vodor. směr	8	168	21	250	172	SPLNĚNO
horní - svislý směr	8	176	21	250	192	SPLNĚNO
horní - vodor. směr	8	168	21	250	172	SPLNĚNO

Zhodnocení a závěr

Cílem bakalářské práce bylo porozumět problematice navrhování těžkých šikmých střešních konstrukcí, určit vlivy ovlivňující jejich návrh, pochopit základní principy realizace u nás nejčastěji používaných systémů a na základě těchto poznatků navrhnout vlastní konstrukční řešení ve variantním provedení pro zadaný objekt.

Nabyté znalosti objasnily důležitost dalšího rozvoje a rozšíření použitelnosti konkrétních systémů v současném stavebnictví, neboť výborné tepelně-akumulační vlastnosti těžkých střech z betonu ochlazují obvykle v letních měsících přehřívané podstřešní prostory a přispívají ke správnému mikroklima v interiéru objektu bez nutnosti použití klimatizace. Protože však u nás nejčastěji používané systémy pro těžké střechy mají poměrně mladou historii, lze se setkat s mnohými nedostatky, ať už se jedná o nedostatečný nebo vůbec žádný popis technologie provádění v podkladech pro projektování daných výrobců, v důsledku čehož dochází z k tomu, že z důvodu neznalosti problematiky jsou tyto systémy projektanty stále používány poměrně málo a obzvláště u složitějších tvarů střech je vyžadována zkušenost projektanta a jistá míra inovace.

Zejména v druhé části bakalářské práce při zpracovávání vlastního návrhu těžké střešní konstrukce bylo odhaleno několik úskalí pojících se ke konkrétním použitým systémům.

V případě systému nosníků a vložek, ať už keramických či pórobetonových, bylo zjištěno, že při navrhování skladby konstrukce je nutné brát v potaz, že tím, že je konstrukce ve sklonu, tak se skladebné rozměry použitých vložek a vzdálenosti mezi nosníky promítají do půdorysu v délkách, které jsou menší než, jaká je skutečnost. Je tedy zapotřebí navrhovat rozmístění nosníků v řezu vedeném střešní konstrukcí a následně jej přenést do půdorysu. Neznalost tohoto zdánlivě banálního problému by v praxi mohla vést k nesprávně vypracovaným výkresům skladby a značným problém při provádění. S totožným problémem se setkáme i u systému keramobetonových panelů.

Dále bylo zjištěno, že je nutné při stanovování zatížení zohlednit sklon střechy a rozdělit jej na složku vodorovnou s rovinou střechy a složku kolmou k rovině střechy. Toto je zásadní jak v případě zadávání zatížení do globálního numerického modelu v případě navrhování železobetonové střešní desky, tak i při použití systému, jehož návrh je založen na statických tabulkách poskytovaných výrobcem, kde se porovnává působící zatížení na konstrukci s maximálním zatížením na mezi únosnosti.

Vzhledem k tomu, že u zadaného objektu byly řešeny dvě střechy, přičemž u jedné byly navazující svislé nosné konstrukce ze železobetonu s tloušťkou stěny 200 mm, zatímco u

druhé z pórobetonového zdiva o tloušťce 300 mm, bylo možné porovnat vhodnost daných variant konstrukčního řešení těžké šikmé střechy z hlediska min. požadovaných délek uložení. Jelikož u nosníků je výrobcem dána min. délka uložení 125 mm a u panelů dokonce 150 mm, je zřejmé, že tyto dva systémy nejsou příliš vhodné pro ukládání na železobetonové stěny.

S přihlédnutím k tomu, že při realizaci šikmé železobetonové desky narážíme na pracnost při tvorbě bednění a nevyhneme se mokrému procesu ani technologickým přestávkám, což dohromady výrazně prodlužuje dobu výstavby oproti skládaným konsktručním systémům, nabízí se do budoucna věnovat větší pozornost dalšímu rozvoji těchto systémů, aby byly použitelné i pro takové tvary a rozpony střech, které v současnosti řeší pouze konstrukce ze železobetonu.

Literatura

[1] ČSN 73 1901-1 Navrhování střech - Část 1: Základní ustanovení

[2] Blachotrapet: Úhel sklonu střechy – co bychom o něm měli vědět? [online], 2021, [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.blachotrapez.cz/cs/blog/uhel-sklonu-strechy

[3] HANZALOVÁ, Lenka a Šárka ŠILAROVÁ. Konstrukce pozemních staveb 40: zastřešení. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02604-3.

[4] DEKTIME: Odborný časopis. [online], 2014, [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/publikace/DEKTIME/dektime-2014-03.pdf

[5] Ing. Petr Mareček, Xella s.r.o: Použití masivní střechy. [online], 2015, [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/strechy/12887-pouziti-masivni-strechy

[6] autor neznámý, Xella s.r.o: Masivní střechy Ytong. [online], 2011, [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/strechy/7572-masivni-strecha-ytong

[7] Wienerberger: Rady a návody pro těžké střechy. [online], [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/strecha-tondach/proc/rady-a-navody/tezka-strecha.html

[8] Xella: Produktový katalog Ytong. [online], Copyright © Xella Group, 2021, [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/hf9/h90/8852536164382/strechy_v_systemu_Ytong/strechy-v-systemu-Ytong.pdf

[9] Ivo Petrášek, statik firmy Wienerberger s.r.o: Keramobetonové střechy na principu vlašského krovu. [online], 2021, [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: https://cscm.bmone.cz/keramobetonove-strechy-na-principu-vlasskeho-krovu/

[10] Ivo Petrášek, statik firmy Wienerberger s.r.o: Keramobetonové střechy s trámy po spádu. [online], 2021, [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: https://www.cscm.cz/keramobetonove-strechy-s-tramy-po-spadu/

[11] Wienerberger: Podklad pro navrhování. [online], 2022, [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/instructions-guidelines/CZ_Podklad_pro_navrhovani.pdf

[12] Heluz: Technický list. [online], 2022, [cit. 2023-05-07]. Dostupné z: https://www.heluz.cz/files/7501_00-Technicky-list-CZ.pdf

[13] Heluz: Montážní návod pro keramické stropní panely Heluz. [online], 2022, [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://selektorkonstrukci.heluz.cz/files/vyrobky/navody/1262117-montazni-navod.pdf

[14] HELUZ cihlářský průmysl, v.o.s.: Těžká šikmá střecha z keramobetonových panelů HELUZ je odolná, trvanlivá a tepelně i zvukově výborně izoluje. [online], 2020, [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/strechy/21066-tezka-sikma-strecha-z-keramobetonovych-panelu-heluz-je-odolna-trvanliva-a-tepelne-i-zvukove-vyborne-izoluje

[15] LiteForm: LiteDeck Steel Rib System. [online], 2018, [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://liteform.com/litedeck-srs/

[16] LiteForm: LiteDeck Wood Rib System. [online], 2018, [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: https://liteform.com/icf-deck-forms/litedeck-wrs-wood-rib-system-2/

[17] LiteForm: Technical Evaluation Manual. [online], 2013, [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: https://liteform.com/wp-content/uploads/2017/05/LiteDeck_Book_2013-1_web.pdf

[18] BuildBlock ICFs: How To Build Pitched ICF Roofs. [online], 2022, [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=0f5pFQ8lNBc

[19] Archiweb.cz: Bytové domy Krásnopolská. [online], 2015, [cit. 2023-04-30]. Dostupné z: https://www.archiweb.cz/b/bytove-domy-krasnopolska

[20] Heluz: Únosnosti stropních panelů HELUZ. [online], 2015, [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://www.heluz.at/files/Staticke-tabulky-_nosnosti-panel_-HELUZ-.pdf

[21] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem

Přílohy

Příloha 1 - výkres skladby - systém Ytong

Příloha 2 - výkres skladby - systém Heluz

Příloha 3 - výkres tvaru železobetonové desky

Příloha 4 - výkres spodní výztuže železebotové desky

Příloha 5 - výkres horní výztuže železobetonové desky

Příloha 6 - statické tabulky použité pro návrh nonsíků Ytong

Příloha 7 - statické tabulky použité pro návrh panelů Heluz