

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
NÁVRH FASÁDNÍHO LEŠENÍ
HRADU LEDEČ NAD SÁZAVOU**

DESIGN OF THE FACADE SCAFFOLDINGS
OF LEDEČ NAD SÁZAVOU CASTLE

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Katedra: Ocelových a dřevěných konstrukcí

2021

FILIP ŠVEHLA

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Filip	Jméno: Švehla	Osobní číslo: 410581
Zadávající katedra: K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavitelství		
Studijní obor: Realizace pozemních a inženýrských staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh fasádního lešení hradu Ledec nad Sázavou

Název bakalářské práce anglicky: Design of the facade scaffoldings of Ledec nad Sázavou Castle


Pokyny pro vypracování:
Konstrukční řešení pro zvolený systém lešení s využitím návodu výrobce, zjednodušený statický výpočet hlavních prvků a spojů, technická zpráva s popisem montáže, dispoziční výkresy, výkresy hlavních detailů.

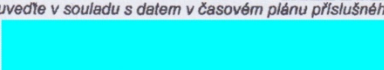
Seznam doporučené literatury:
Normy řady ČSN EN, skripta ČVUT.

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Dr. Ing. J. Dolejš

Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2021

Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2021
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“.

24.2.2021
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem celou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce doc. Dr. Ing. Jakuba Dolejše. Dále prohlašuji, že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

V Praze dne 19.května 2021

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu doc. Dr. Ing. Jakubovi

Dolejšovi, za ochotu, podporu a odborné rady při vypracování této práce.

Dále bych rád poděkoval kastelánovi hradu Ledec nad Sázavou, panu Šímovi za poskytnutí části projektové dokumentace hradu.

V poslední řadě děkuji firmě Skanska a.s. za poskytnutí interních materiálů a katalogů výrobců lešení, které nejsou pro širší veřejnost volně dostupné.

Anotace:

Tématem bakalářské práce je návrh lešeňové konstrukce pro rekonstrukci fasád hradu Leděč nad Sázavou. Práce obsahuje tři části: Technickou zprávu pro vybranou fasádu, Zjednodušený statický výpočet pro vybranou fasádu a Výkresovou část.

Technická zpráva pojednává o lešeňové konstrukci obecně, přes postup montáže, zatížení až po bezpečné užívání lešeňové konstrukce.

Zjednodušený statický výpočet obsahuje výpočet zatížení na konstrukci, posouzení vybraných nosných prvků a posouzení únosnosti kotevních prvků.

Výkresová část obsahuje výkresy konstrukce pro danou fasádu a detail uložení příhradového vazníku, který je součástí konstrukce.

Annotation:

The theme of bachelor thesis is a design of a scaffolding structure for facades of Leděč nad Sázavou Castle. The Thesis includes three parts: technical report for chosen facade, simplified static calculation for chosen facade and a drawing part.

Technical report in general discusses about scaffolding structure in general, through the process of construction, weight load for the structure and a safety use of scaffolding structure.

The simplified static calculation contains load weight calculation for scaffolding structure, an assessment of selected load-bearing elements as well as of the assessment anchoring elements.

The drawing part contains drawings scaffolding structure for facades and a detail of the lattice girder placement which is part of the structure.

Klíčová slova:

fasádní lešení, dočasná konstrukce, vzpěrná únosnost, příhradový vazník, ocel, Layher,

hrad Leděč nad Sázavou

Key words:

facade scaffolding, temporary construction, buckling capacity, lattice girder, steel, Layher,

Ledeč nad Sázavou castle

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KOSTRUKCÍ



VYPRACOVAL: Filip Švehla

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

NÁVRH FASÁDNÍHO LEŠENÍ HRADU LEDEČ NAD SÁZAVOU

PŘÍLOHA:

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DATUM:

KVĚTEN 2021

Obsah

1. POPIS ZADÁNÍ	3
2. CHARAKTERISTIKA NÁVRHU	3
3. VSTUPNÍ PODKLADY	3
4. SEZNAM PŘÍLOH.....	3

1. Popis zadání

Tématem bakalářské práce je vypracování návrhu fasádního lešení pro rekonstrukci fasád hradu Leděč nad Sázavou a následné zpracování technické zprávy, zjednodušeného statického výpočtu a kotevního plánu pro západní fasádu východního křídla hradu.

2. Charakteristika návrhu

Návrh byl proveden na základě podkladů poskytnutých kastelánem hradu panem Šímou a dále dle dostupných materiálů výrobce, firmy Wilhelm Layher GmbH & Co KG.

Použitým typem lešení byl zvolen modulový typ lešení, a to fasádní rámové Layher Blitz. Jeho prvky jsou vyrobeny z ocele S 235 JRH a ze dřeva.

Konstrukce obsahuje prvky rámu, podlážek, patek, trubkových dílců, objímkových spojek a příhradového vazníku. Lešeňová konstrukce je uvažována jako nezasíťovaná a kotvena do fasády.

3. Vstupní podklady

- Výkresová dokumentace několika křídel hradu Leděč nad Sázavou, poskytnuta kastelánem téhož hradu, panem Šímou.
- Podklady od výrobce lešení, poskytnuty firmou Skanska a.s.
- Interní technická dokumentace firmy Skanska a.s.
- Soubor norem ČSN EN

4. Seznam příloh

Textová část:

- Technická zpráva
- Zjednodušený statický výpočet

Výkresová část:

- Dispoziční výkres
- Výkresy pohledu na fasády objektu
- Kotevní schéma
- Výkresy detailu:
 - o Uložení příhradového vazníku
 - o Napojení příhradových vazníků
- Půdorys a bokorys konstrukce
- Axonometrie konstrukce

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KOSTRUKCÍ



VYPRACOVAL: Filip Švehla

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

NÁVRH FASÁDNÍHO LEŠENÍ HRADU LEDEČ NAD SÁZAVOU

PŘÍLOHA:

TECHNICKÁ ZPRÁVA

DATUM:

KVĚTEN 2021

Obsah

1.	Úvod	3
2.	Popis území stavby.....	3
3.	Celkový popis stavby	3
4.	Materiál.....	4
5.	Založení lešení.....	5
6.	Postup montáže.....	5
7.	Ztužení.....	6
8.	Kotvení.....	6
9.	Osazení příhradového vazníku.....	7
10.	Zatížení	7
11.	BOZP	8
13.	Použité normy a literatura.....	10

1. Úvod

Technická zpráva obecné požadavky na návrh lešeňové konstrukce, která bude sloužit pro rekonstrukci západní fasády východního křídla hradu Leděč nad Sázavou. Dále je na návrh konstrukce vypracován Zjednodušený statický posudek, který posoudí jednotlivé nosné prvky a spoje.

2. Popis území stavby

Místo stavby se nachází u západní fasády východního křídla hradu Leděč nad Sázavou. Lešení bude založeno na rostlém terénu s historickou kamennou dlažbou. Terén je od severu k jihu mírně svažité – maximální převýšení je 1,35 m.

Pro lešeňovou konstrukci bude proveden zábor prostoru před fasádou o rozměrech 1,0 m x 23,06 m. Zábor je proveden se souhlasem objednatele.

Východním křídlem prochází průjezd pro automobilovou dopravu.

Po dobu rekonstrukce fasády nebude tato část objektu zpřístupněna civilním osobám.

3. Celkový popis stavby

Lešeňová konstrukce je postavena z ocelového fasádního dílcového lešení rámového výrobce Layher Blitz. Lešeňová konstrukce bude postavena ve vzdálenosti <250 mm od západní fasády východního křídla o celkové délce 23,06 m a maximální výšce 15 m.

Konstrukce se skládá ze sedmi polí délky 3,07 m jednoho pole 1,57 m a jednoho vloženého pole 2,57 m. Pole jsou uložena mezi devíti sloupky (A-I), které jsou tvořeny z rámu o velikosti 2,00 m x 0,73 m. Každý rám je založen na kombinaci dvou patek (nánožek) a jednoho kusu dřevěného podkladku o velikosti 1,0 m x 0,25 m.

První pole, mezi sloupky A a B, je vysoké 6 podlaží o konstrukční výšce rámu 2,00 m. Podlážka v 1. podlaží je ocelová neprůlezná, podlážky v 2. až 6. podlaží jsou průlezné z překližky a ocelového rámu.

Druhé a třetí pole jsou identická, obě pole jsou umístěna na příhradovém vazníku ve druhém podlaží, který je sestavou objímkových spojek připevněn k ocelovým rámcům na sloupcích B a D. Druhé a třetí pole je výškově řešeno od 3. podlaží až do 6. podlaží. Ve třetím podlaží jsou obě pole ztužena diagonálami. Vložené pole délky 2,57 m se nachází pod polem mezi sloupky C a D, jedná se o jedno lešeňovou konstrukci o jednom poli. Sloupky D a E jsou v prvním podlaží vypodloženy rámem o výšce 0,6 m z důvodu výškového vyrovnání.

Čtvrté až sedmé pole jsou o shodné délce 3,07 m. Ve čtvrtém poli jsou vynechány podlažky v prvním podlaží z důvodu, zajištění schopnosti otevírání dveří přilehlého objektu, podlažky jsou nahrazeny ocelovým příčnickem.

V pátém poli v prvním a druhém podlaží jsou průchozí podlažky délky 3,07 m ostatní podlažky jsou neprůchozí. První podlaží sloupku F je vypodloženo rámem o výšce 1,0 m. První podlaží sloupek G, H, a I jsou vypodloženy kombinací rámců o výšce 0,6 m a 1,0 m.

Pole mezi sloupky E až I jsou v prvním podlaží ztužena ocelovými příčnickami příslušných délek. Osmé pole mezi sloupky H, a I je délky 1,57 m. Veškerá pole jsou v posledním podlaží ukončena sestavou zábradelních sloupek a dvou tyčových zábradlí.

Veškerá podlaží jsou před pádem z výšky chráněna dvěma zábradlími, nebo čelním zábradlím.

Veškeré podlažky jsou na vnějších hranách zajištěny dřevěnými okopovými zarážky. První a čtvrté pole jsou podélně ztuženy diagonálami.

Jedná se o dočasnou montovanou konstrukci. Předpokládaná doba užívání je od 1.4. do 30.6. [1], [2], [3]

4. Materiál

Většina ocelových prvků je vyrobena z ocele S 235 JRH, tedy z ocele tvářené za studena, trubky jsou svařovány a vnější svár je odstraněn.

Okopové hrany a podkladky jsou ze dřeva. [1], [2], [4]

5. Založení lešení

Lešení bude založeno přímo na rostlý terén v bezprostřední blízkosti rekonstruovaného objektu. Kolmá vzdálenost lešení (pevný okraj podlahového dílce) od fasády objektu smí být nejvýše 250 mm. Toto opatření musí být zajištěno ihned při založení konstrukce. Každý rám je založen na sestavě dvou patek a jednoho dřevěného podkladku, který roznáší svislé zatížení od vlastní tíhy konstrukce a užitého zatížení rovnoměrně do podloží. [3]

Vodorovnost jednotlivých podlážek a dvou po sobě jdoucích ráků, které podlážky spojují, bude zajištěny přes výškově stavitelné patky, které smí být vysunuty do maximální výše 410 mm, respektive 550 mm. Výškové rozdíly větší než 400 mm, mezi dvěma po sobě jdoucími ráky, je doporučeno řešit přes redukční ocelové ráky výšek 1,0 m, nebo 0,6 m.

Ráky zakládané ve svahu lze založit pomocí kyvných stavitelných patek, avšak maximální povolený úhel mezi podkladem a vodorovnou rovinou je 15°. [1], [3], [4], [5]

6. Postup montáže

Montážní prostor nutný pro stavbu lešení a skladování jeho součástí musí být řádně připraven, tj. odvodněn a vyklizen. Podloží nemusí být hutněno, únosnost rostlého terénu je dostačující a ověřena ve Zjednodušeném statickém výpočtu. Založení lešení bude provedeno na stávajícím rostlém terénu.

Dle výkresové dokumentace nejprve rozmístit podkladky se stavitelnými patkami za dodržení délek jednotlivých polí. Vzdálenosti lze snadno ohlídat dle dílců zábradlí.

Dále je nutné výškově přizpůsobit vysunutí stavitelných patek a poté první dva páry patek osadit ráky, které je potřeba ihned po osazení ztužit vodorovnými prvky – dolními a horními podlahovými dílci, příčníky, nebo zábradelními prvky, popřípadě diagonálami. V poslední řadě dojde k přesnému srovnání dvojice ráků do vodorovné roviny. Následující pole se vyrovnává do vodorovné roviny pole předchozího.

Je důležité dodržet postup: osazení prvních dvou ráků, jejich vzájemné ztužení, případné kotvení a osazení doplňkových prvků.

U prací v podlažích vyšších, než v prvním je nutné dbát na jištění pracovníků proti pádu, kteří se pohybují při volném okraji konstrukce. Jištění probíhá přes samonavíjecí kladku, kdy jistící bod je umístěn na fasádě, nebo pomocí jištění přes konstrukci lešení. [1], [3], [4]

7. Ztužení

Vodorovné ztužení konstrukce je zajištěno podlahovými dílci, zábradelními trubkami a v prvním podlaží, v místech, kde chybí podlahové dílce jsou použity podélné příčníky. Podlážky jsou zajištěny proti nadzvednutí pojistkou a společně se zábradelními trubkami přenáší vodorovné zatížení mezi jednotlivé sloupky.

Úhlopříčné ztužení je zajištěno trubkovými diagonálami v podélném směru dle výkresové dokumentace.

Úhlopříčné ztužení společně s vodorovnými prvky zajišťuje prostorovou tuhost celé konstrukce. Ztužena musí být pole vedle příhradového vazníku, tedy pole mezi sloupky A a B, a D a E. [1], [3], [4]

8. Kotvení

Lešení bude kotveno do fasády přilehlého objektu.

Lešení musí být v kotveno již v průběhu výstavby dle kotevního plánu, za pomoci kotevního dílce výrobce lešení, kotevního šroubu a hmoždinky, které jsou blíže specifikovány a ověřeny ve zjednodušeném statickém výpočtu.

Únosnost kotvení je ověřována montážní firmou lešeňové konstrukce. Sestava kotvicích prvků musí přenést osovou tahovou sílu, která je uvedena ve zjednodušeném statickém výpočtu. Sestava kotvicích prvků bude zkoušena zkušební zatížením rovným alespoň 1,2násobku návrhového zatížení. Počet zkoušek musí být nejméně 30 % z celkového počtu kotev. [1], [3], [4]

9. Osazení příhradového vazníku

Po ukončení kotvení druhého podlaží, následuje osazení dvojice příhradových vazníků. Příhradový vazník bude upevněn pomocí sestavy pevných spojek skupiny BB na vnitřní a vnější sloupky rámu B a D.

Následně dojde k nahrazení rámu C výšky 2,0 m rámem výšky 1,0 m, a to připevněním též mezi příhradové vazníky. V tomto okamžiku mohou být pole mezi sloupky B a D pod příhradovým vazníkem demontována, aby mohl být zajištěn volný průjezd/ průchod průjezdem.

Následuje montáž vyšších podlaží, včetně ztužidel a kotev.

Příhradový vazník je součástí produktové nabídky firmy Layher. Dle dokumentů výrobce (odkaz). Je schopný přenést svislé návrhové zatížení 11,86 kN. [1], [2], [3], [4]

10. Zatížení

Lešeňová konstrukce je vystavena stálému zatížení vlastní tíhou prvků, které působí na konstrukci svisle a je přenášeno z jednotlivých prvků na sloupky rámu a přes patky a podkladky do podloží.

Užitné zatížení je uvažováno od pohybu osob a od skladování materiálu na podlahových dílcích. Na tuto konstrukci je uvažováno provozní zatížení 2,0 kN/m² dle třídy zatížení 3. Provozní zatížení působí svisle a je přenášeno přes jednotlivé podlahové dílce do sloupků rámu a dále pře patky s podkladky působí na zeminu.

Působení zatížení větrem je uvažováno kolmo na konstrukci, tedy v jejím příčném směru, jako zatěžovací plocha je uvažován kolmý průmět jednotlivých lešeňových prvků konstrukce. Toto zatížení je přenášeno z jednotlivých dílců do rámu a následně do kotevní soustavy, která zatížení přenáší do kotevního podkladu, kterým je přilehlý objekt.

Hmotnost jednotlivých prvků je rozepsána ve Zjednodušeném statickém výpočtu. [1], [2], [6]

11. BOZP

Lešení musí být montováno a demontováno po jednotlivých patrech v daném poli. Při montáži a demontáži lešení se nesmí jednotlivé díly konstrukce hromadit na podlážkách, tak aby jejich hmotnost přesahovala únosnost podlahového dílce. Při montáži musí být každá část konstrukce osazená na místo určené z bezpečnostních důvodů ihned připevněna. Současně s montáží hlavních nosných prvků musí být zajišťována prostorová tuhost a stabilita konstrukce pomocí, ztužujících diagonál a kotvením, instalací podlážek, zábradlím a příčníky.

Demontážní práce musí být voleny tak, aby v žádné její fázi nebyla ohrožena tuhost nebo stabilita demontované konstrukce. Demontované součásti musí být pomalu spouštěny, aby se nepoškodily. Shazování jednotlivých prvků je zakázáno.

Montážní a demontážní práce musí být zastaveny při:

- Dohlednosti menší než 30 m
- Rychlosti větru nad 8 m.s^{-2}
- Bouři, dešti, sněžení a tvoření námrazy
- Teplotě prostředí nižší než $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ a vyšší než $+30 \text{ }^\circ\text{C}$

Po úplném dokončení lešeňové konstrukce dojde k předání této konstrukce mezi technikem zástupci uživatele lešení, firmou provádějící rekonstrukci omítky fasády, a to písemnou formou. Předání bude stvrzeno předávacím protokolem. Který závazně specifikuje užitné podmínky lešeňové konstrukce, při jejich dodržení ze strany uživatele je garantována bezpečnost konstrukce dodavatelem.

Na lešení budou umístěny informace o nosnosti pracovních podlah, název a adresa provozovatele a způsob užití lešení.

Lešení bude pravidelně kontrolováno v intervalu 14 dní. Při pravidelných kontrolách bude ověřeno, zda v době používání lešení nedošlo v konstrukci ke změnám – neodborné demontáži jednotlivých dílců, nebo k poruchám. Prohlídka bude zaznamenána do protokolu a protokol předán zástupci firmy, která má lešení v užívání.

Lešení bude kontrolováno po mimořádných okolnostech, jako jsou bouře, silné sněžení nebo vítr o rychlosti více než 14 m.s^{-2} .

Zásady bezpečnosti a ochrany zdraví na pracovišti jsou zajištěny dodržováním platných předpisů BOZP, na jejichž dodržování dohlíží vedoucí technik.

Všichni pracovníci jsou vybaveni OOPP (stavební helma, ochranné brýle, pracovní rukavice, reflexní vestu nebo bundu, dlouhé pracovní kalhoty, obuv s ocelovou špičkou a sedák s jistící karabinou), jsou proškoleni k práci ve výškách a musí mít při sobě platný Průkaz lešenáře – doklad o způsobilosti k montáži a demontáži lešňových konstrukcí.

[1], [3], [4], [5]

13. Použité normy a literatura

- [1] Wilhelm Layher GmbH Co KG, *Scaffolding Grandstands Ladders*, Gueglingen-Eibensbach, 2015.
- [2] Wilhelm Layher, *Layher systemfreie zuberhör, gitterträge 450 stahl*, Gueglingen-Eibensbach: Wilhelm Layher GmbH Co KG, 2018.
- [3] ČSN 738101, *Lešení - Společná ustanovení*, Listopad 2018.
- [4] J. Dolejš, *Navrhování konstrukcí z lešení I*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, prosinec 2011.
- [5] J. Dolejš, *Lešení v zrcadle norem*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, květen 2010.
- [6] *Eurokód 1: Zatážení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Březen 2004.
- [7] ČSN EN 12811-2, *Dočasné stavební konstrukce - Část 2: Informace o materiálech*, Říjen 2004.
- [8] ČSN EN 12811-1 *Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh*, Srpen 2004.
- [9] ČSN EN 1993-1-1, *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Červenec 2011.
- [10] ČSN EN 12810-1, *Fasádní dílcová lešení - Část 1: Požadavky na výrobky*, Srpen 2004.
- [11] S. Vlasák, *Konstrukce z lešení podle evropských norem*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, květen 2010.
- [12] Vlasák, Svatopluk, *Statický výpočet lešení Layher Blitz, budova MATFYZ v Praze, Vnitropodnikový dokument, majetek Skanska a.s.*, Praha, 2009.
- [13] Vlasák, Svatopluk, *Statický výpočet Layher Blitz, Krásova etapa I., Vnitropodnikový dokument majetek Skanska a.s.*, Praha, 2021.
- [14] Veverka, Petr, *Statické posouzení lešení Layher Blitz, bytový dům Jageho alej IV, Bratislava, Vnitropodnikový dokument majetek Skanska a.s.*, Praha, 2015.
- [15] ČSN EN 74-1, *Spojky středící trny a nánožky pro pracovní a podpěrná lešení - Část 1: Spojky trubek - Požadavky a zkušební postupy*, Květen 2006.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ – KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KOSTRUKCÍ



VYPRACOVAL: Filip Švehla

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

NÁVRH FASÁDNÍHO LEŠENÍ HRADU LEDEČ NAD SÁZAVOU

PŘÍLOHA:

ZJEDNODUŠENÝ STATICKÝ VÝPOČET

DATUM:

KVĚTEN 2021

Obsah

1. SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE.....	3
1.1 POSTUP ORIENTAČNÍHO VÝPOČTU	3
1.2 KONSTRUKČNÍ SCHÉMA	3
1.3 POUŽITÉ DÍLCE	4
1.3.1 Lešení Layher Blitz.....	4
1.4 POPIS KONSTRUKCE.....	6
2. PŘEHLED ZATÍŽENÍ.....	7
2.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ	7
2.1.1 Hmotnost jednotlivých dílců [1].....	7
2.1.2 Návrhové zatížení na jednotlivé sloupky [2]	8
2.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ	17
2.2.1 Užité zatížení.....	17
2.2.2 Zatížení větrem [3].....	19
2.2.3 Zatížení sněhem.....	22
3. NÁVRH A POSOUZENÍ NOSNÝCH PRVKŮ	23
3.1 VZPĚRNÁ ÚNOSNOST SLOUPKU.....	23
3.1.1 Materiálové vlastnosti sloupku rámu.....	23
3.1.2 Návrhová vzpěrná únosnost sloupku $N_{b, RD}$ [6], [7], [8], [9]	23
3.1.3 Posouzení vzpěrné únosnosti sloupku rámu.....	25
3.2 ÚNOSNOST PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU	26
3.2.1 Dílcová charakteristika [1], [10].....	26
3.2.2 Zatížení příhradového vazníku	26
3.2.3 Posouzení únosnosti příhradového vazníku	26
3.3 ÚNOSNOST SESTAVY OBJÍMKOVÝCH SPOJEK.....	26
3.3.1 Charakteristika dílců	26
3.3.2 Zatížení sestavy spojek.....	26
3.3.3 Posouzení únosnosti sestavy spojek.....	27
3.4 ÚNOSNOST PODLOŽÍ.....	27
3.4.1 Charakteristika podloží.....	27
3.4.2 Zatížení od lešeňové konstrukce	27
3.4.3 Posouzení únosnosti zeminy.....	28
3.5 VÝPOČET KOTEVNÍCH SIL.....	29
3.5.1 Návrhový kotevní plán dle vzpěrné únosnosti sloupku.....	29
3.5.2 Vodorovné zatížení.....	29
3.5.3 Kotevní prvky.....	30
3.5.4 Posouzení kotevních prvků.....	30
4. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	31

1. Schéma a popis konstrukce

1.1 Postup orientačního výpočtu

V rámci Zjednodušeného statického výpočtu je nejprve zjištěno zatížení konstrukce vlastní tíhou jednotlivých dílců, užité zatížení je přepočteno na zatěžovací plochu a pomocí podkladů z norem je zjištěno zatížení větrem. Následně jsou tato zatížení použita pro posouzení vzpěrné únosnosti sloupků rámu, únosnosti příhradového vazníku a sestavy pevných spojek. Dále je posouzena únosnost podloží a ze zatížení větrem je posouzen kotvící soustava.

1.2 Konstrukční schéma



Obrázek 1 - Schéma navržené lešeňové konstrukce, východní křídlo, fasáda západ

1.3 Použité dílce

1.3.1 Lešení Layher Blitz

- Dřevěné podkladky délky 1000 mm a šířky 250 mm
- Stavitelné patky:
 - Normální patka ocelová 40
 - Normální patka ocelová 60
 - Otočná patka ocelová 60
- Ocelové rámy Layher Blitz 70 (šířka 730 mm):
 - Ocelový rám Layher Blitz 70 výšky 2000 mm
 - Ocelový rám Layher Blitz 70 výšky 1000 mm
 - Ocelový rám Layher Blitz 70 výšky 660 mm
- Podlahové dílce (V každém poli lešení šíře 730 mm budou použity 2 podlahové dílce šíře 320 mm):
 - Podlahový dílec ocelový délky 3070 mm
 - Podlahový dílec ocelový délky 2570 mm
 - Podlahový dílec ocelový délky 1570 mm
- Podlahový dílec průchozí:
 - Mezi sloupky A a B budou použity průchozí podlahové dílce délky 3070 mm a šířky 610 mm
 - Materiálové provedení: kombinace překližky a hliníku
- Úhlopříčná ztužení:
 - Ocelové úhlopříčné ztužidlo s jednou polospojkou pro pole délky 3070 mm a výšky 2000 mm
 - Ocelové úhlopříčné ztužidlo se dvěma polospojkami pro pole délky 1570 mm a výšky 2000 mm

- Ocelové úhlopříčné ztužidlo s jednou polospojkou pro pole délky 2570 mm a výšky 2000 mm v kombinaci o točnou spojkou (pro pole v 1. podlaží mezi sloupky G a H, E a F)
- Zarážky u podlahy:
 - Dřevěné okopové zarážky u podlahy s ocelovými spoji délky 3070 mm
 - Dřevěné okopové zarážky u podlahy s ocelovými spoji délky 2570 mm
 - Dřevěné okopové zarážky u podlahy s ocelovými spoji délky 1570 mm
 - Dřevěné čelní okopové zarážky u podlahy s ocelovými spoji délky 620 mm
- Zábradlí:
 - Ocelové zábradlí délky 3070 mm
 - Ocelové zábradlí délky 2570 mm
 - Ocelové zábradlí délky 1570 mm
 - Ocelové zábradlí čelní délky 730 mm
- Zábradelní sloupky délky 730 mm:
 - Zábradelní sloupek střední výšky 1000 mm
 - Zábradelní sloupek krajní výšky 1000 mm
- Kotvení:
 - Ocelová kotva Layher délky 690 mm
 - Ocelová spojka pevná
 - Ocelový kotevní šroub
- Vertikální doprava:
 - Ocelová konzola délky 360 mm
 - Ocelový vrátek s adaptérem
 - Umělohmotné lano délky 40 m
- Ocelový příhradový nosník délky 7,71 m

1.4 Popis konstrukce

Lešeňová konstrukce, z fasádního dílcového lešení rámového o sedmi polích délky 3,07 m jednoho pole 1,57 m a jednoho vloženého pole 2,57 m mezi devíti sloupky, které jsou tvořeny z ráků o velikosti 2,00 m x 0,73 m.

Každý rám je založen na kombinaci dvou patek (nánožek) a jednoho kusu dřevěného podkladku o velikosti 1,0 m x 0,25 m.

První pole, mezi sloupky A a B, je vysoké 6 podlaží o konstrukční výšce rámu 2,00 m. Podlážky podlážka v 1 podlaží je ocelová neprůlezná, podlážky v 2. až 6. podlaží jsou průlezné z překližky a ocelového rámu.

Druhé a třetí pole jsou identická, obě pole jsou umístěna na příhradovém vazníku ve druhém podlaží, který je sestavou objímkových spojek připevněn k ocelovým rákům na sloupkách B a D. Druhé a třetí pole je výškově řešeno od 3. podlaží až do 6. podlaží. Ve třetím podlaží jsou obě pole ztužena diagonálami

Vložené pole délky 2,57 m se nachází pod polem mezi sloupky C a D, jedná se o jedno lešeňovou konstrukci o jednom poli.

Sloupky D a E jsou v prvním podlaží vypořložen rákem o výšce 0,6 m z důvodu výškového vyrovnání.

Čtvrté až sedmé pole jsou o shodné délce 3,07 m. Ve čtvrtém poli jsou vynechány podlážky v prvním podlaží z důvodu, zajištění schopnosti otevírání dveří přilehlého objektu, podlážky jsou nahrazeny ocelovým příčníkem.

V pátém poli v prvním a druhém podlaží jsou průchozí podlážky délky 3,07 m ostatní podlážky jsou neprůchozí.

Páté a sedmé pole jsou ztuženy ocelovými diagonálami.

První podlaží sloupku F je vypořloženo rákem o výšce 1,0 m.

První podlaží sloupků G, H a I jsou vypořloženy kombinací ráků o výšce 0,6 m a 1,0 m. Pole mezi sloupky E až I jsou v prvním podlaží ztužena ocelovými příčníky příslušných délek.

Osmé pole mezi sloupky H a I je délky 1,57 m.

Veškerá pole jsou v posledním podlaží ukončena sestavou zábradelních sloupků a dvou tyčových zábradelí.

Veškerá podlaží jsou před pádem z výšky chráněna dvěma zábradlími, nebo čelním zábradlím.

Veškeré podlážky jsou na vnějších hranách zajištěny dřevěnými okopovými zarážky.

2. Přehled zatížení

2.1 Stálé zatížení

2.1.1 Hmotnost jednotlivých dílců [1]

Tabulka 1 - Hmotnosti prvků převzaté z katalogu lešení Layher Blitz

Položka dle katalogu	Dílec	Hmotnost [Kg]
1700.200	Ocelový rám Layher Blitz 2,0 x 0,73	18,80
1700.101	Ocelový rám Layher Blitz 1,0 x 0,73	11,90
1700.066	Ocelový rám Layher Blitz 0,6 x 0,73	9,30
4001.060	Normální patka ocelová 40	3,60
4002.080	Normální patka ocelová 60	4,90
4003.000	Otočná patka ocelová 60	6,10
3812.157	Podlahový dílec ocel. 1570 mm	11,90
3812.257	Podlahový dílec ocel. 2570 mm	18,20
3812.307	Podlahový dílec ocel. 3070 mm	21,50
3838.307	Podlážka průchozí 3070	27,40
1725.157	Zábradlí ocel 1570 mm	2,90
1725.257	Zábradlí ocel 2570 mm	4,70
1725.307	Zábradlí ocel 3070 mm	5,60
1728.719	Zábradlí ocel čelní	4,40
1757.157	Okopová zarážka dřevo 1570 mm	3,10
1757.257	Okopová zarážka dřevo 2570 mm	5,60
1757.307	Okopová zarážka dřevo 3070 mm	6,80
1757.073	Okopová zarážka dřevo čelní 730 mm	1,80
1745.319	Konzola ocelová 0,36	3,50
1736.157	Diagonála pro pole 1570 x 2000 mm	6,50
1736.257	Diagonála 2570 x 2000 mm	8,60
1736.307	Diagonála 3070 x 2000 mm	10,40
1755.069	Kotva blitz	2,80
1719.073	Zábradelní sloupek délky 730 mm výšky 1000 mm	6,50
1722.073	Čelní zábradelní sloupek délky 730 mm výšky 1000 mm	13,30
4727.000	Spojka pevná	1,10
4728.000	Spojka otočná	1,20
1781.771	Příhradový nosník ocelový délky 7,71 m	67,20
4419.001	Ocelový vrátek s adaptérem	6,20
4420.400	Lano umělohmotné délky 40 m	12,40

2.1.2 Návrhové zatížení na jednotlivé sloupky [2]

- Charakteristické zatížení $G_k = \frac{\text{Hmotnost dílů [kg]} * g[\frac{m}{s^2}]}{1000} [kN]$
- Návrhové zatížení $G_d = G_k * \gamma_F [kN]$
- Kde součinitel spolehlivosti $\gamma_F = 1,35 [-]$

2.1.2.1 Zatížení na sloupek A

Tabulka 2 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek A

Vnitřní sloupek A:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		13,70	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80		0,90	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Zábradelní sloupek:	Čelní zábradelní sloupek 0,73	13,3			6,65
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,4		2,20	
Hmotnost dílců celkem			14,35	28,15	6,65
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení G _k (kN)			0,14	0,28	0,07
Návrhové zatížení G _d (kN)			0,19	0,37	0,09
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem G_d (kN)			0,19	2,24	0,09
Návrhové zatížení celkem G_d (kN)			2,51		
Vnější sloupek A:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		6,85	
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75		
Diagonála:	Diagonála 3,07	10,40	5,20	5,20	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80		0,90	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	3,40	3,40	
Zábradelní sloupek:	Čelní zábradelní sloupek 0,73	13,30			6,65
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,40		2,20	
Hmotnost dílců celkem			22,95	33,55	12,25
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení G _k (kN)			0,23	0,33	0,12
Návrhové zatížení G _d (kN)			0,30	0,44	0,16
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení G_d (kN)			0,30	2,67	0,16
Návrhové zatížení celkem G_d (kN)			3,13		

2.1.2.2 Zatížení na sloupek C

Tabulka 3 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek C

Vnitřní sloupek C:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	21,50	
Spojka:	Spojka pevná	1,10	2,20	0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,80	2,80	1,40	
Hmotnost dílců celkem			32,45	32,85	0,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,32	0,32	0,00
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,43	0,44	0,00
Počet podlaží			1	4	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,43	1,74	0,00
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,17		
Vnější sloupek C:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		18,80	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	21,50	
Spojka:	Spojka pevná	1,10	2,2		
Diagonála:	Diagonála 3,07	10,40		2,6	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	6,80	6,80	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,5			6,5
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,6		11,2	11,2
Hmotnost dílců celkem			36,45	60,90	17,70
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,36	0,60	0,17
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,48	0,81	0,23
Počet podlaží			1	4	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,48	3,23	0,23
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			3,94		

Návrhové zatížení $G_d = 3,94$ kN od vnějšího sloupku budeme uvažovat jako reprezentativní pro zatížení příhradového vazníku.

2.1.2.3 Zatížení na sloupek B

Tabulka 4 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek B

Vnitřní sloupek B:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		6,85	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80		0,15	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,80		1,40	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			3,25
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,40		0,37	
Hmotnost dílů celkem			14,35	24,32	8,85
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,14	0,24	0,09
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,19	0,32	0,12
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,19	1,93	0,12
Návrhové zatížení od pole BC nad příhradovým nosníkem (kN)			2,17		
Návrhové zatížení od konstrukce příhradového nosníku (nosník upevněn na sloupek rámu přes 2x pevnou spojku) (kN)			0,35		
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			4,76		
Vnější sloupek B:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		6,85	
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75		
Diagonála:	Diagonála 3,07	10,40	5,20	5,20	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80		0,15	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80		3,40	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,40		0,37	
Hmotnost dílů celkem (kg)			19,55	30,97	12,10
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,19	0,30	0,12
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,26	0,41	0,16
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,26	2,46	0,16
Návrhové zatížení od pole BC nad příhradovým nosníkem (kN)			3,94		
Návrhové zatížení od konstrukce příhradového nosníku (nosník upevněn na sloupek rámu přes 2x pevnou spojku) (kN)			0,35		
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			7,17		

2.1.2.4 Zatížení na sloupek D

Tabulka 5 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek D

Vnitřní sloupek D:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	10,75	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,80		1,40	
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Hmotnost dílů celkem			29,75	27,70	5,60
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,29	0,27	0,05
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,39	0,37	0,07
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,39	2,20	0,07
Návrhové zatížení od pole CD nad příhradovým nosníkem (kN)			2,17		
Návrhové zatížení od konstrukce příhradového nosníku (nosník upevněn na sloupek rámu přes 2x pevnou spojku) (kN)			0,35		
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			5,19		
Vnější sloupek D:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Příčník:	Příčník	6,80	3,40		
Diagonála:	Diagonála 3,07	10,40	5,20	5,20	
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50		
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80		3,40	
Zábradelní sloupek:	Zábradelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Hmotnost dílů celkem (kg)			38,35	23,60	12,10
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,38	0,23	0,12
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,51	0,31	0,16
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,51	1,88	0,16
Návrhové zatížení od pole CD nad příhradovým nosníkem (kN)			3,94		
Návrhové zatížení od konstrukce příhradového nosníku (nosník upevněn na sloupek rámu přes 2x pevnou spojku) (kN)			0,35		
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			6,83		

Zatížení na sloupek E

Tabulka 6 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek E

Vnitřní sloupek E:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75	17,92	
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		2,28	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Hmotnost dílců celkem			19,00	31,55	0,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,19	0,31	0,00
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,25	0,42	0,00
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,25	2,51	0,00
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,76		
Vnější sloupek E:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		2,28	
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75	17,92	
Diagonála:	Diagonála 3,07	10,40	5,20	5,20	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	3,40	6,80	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		11,20	11,20
Příčník:	Příčník 3,07	10,40	5,20		
Hmotnost dílců celkem			32,80	52,80	17,70
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,32	0,52	0,17
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,43	0,70	0,23
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,43	4,20	0,23
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			4,86		

2.1.2.5 Zatížení na sloupek F

Tabulka 7 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek F

Vnitřní sloupek F:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	17,92	
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		2,28	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Hmotnost dílců celkem			31,05	31,55	0,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,30	0,31	0,00
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,41	0,42	0,00
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,41	2,51	0,00
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,92		
Vnější sloupek F:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka průchozí 3,07	27,40		2,28	
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75	17,92	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	6,80	6,80	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		11,20	11,20
Příčník:	Příčník 3,07	10,40	10,40		
Hmotnost dílců celkem			37,50	47,60	17,70
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,37	0,47	0,17
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,50	0,63	0,23
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,50	3,78	0,23
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			4,51		

2.1.2.6 Zatížení na sloupek G

Tabulka 8 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek G

Vnitřní sloupek G:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	21,50	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Hmotnost dílců celkem			31,05	32,85	0,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,30	0,32	0,00
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,41	0,44	0,00
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,41	2,61	0,00
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			3,02		
Vnější sloupek G:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	21,50	21,50	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	6,80	6,80	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		11,20	11,20
Příčník:	Příčník 3,07	10,40	10,40		
Hmotnost dílců celkem			48,25	48,90	17,70
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,47	0,48	0,17
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,64	0,65	0,23
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,64	3,89	0,23
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			4,76		

2.1.2.7 Zatížení na sloupek H

Tabulka 9 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek H

Vnitřní sloupek H:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75	10,75	
Podlážka:	Podlážka ocel 1,57	11,90	5,95	5,95	
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Hmotnost dílců celkem			30,90	28,05	0,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,30	0,28	0,00
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,41	0,37	0,00
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,41	2,23	0,00
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,64		
Vnější sloupek H:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílec	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	9,30		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 3,07	21,50	10,75	10,75	
Podlážka:	Podlážka ocel 1,57	11,90	5,95	5,95	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 1,57	3,10	1,55	1,55	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 3,07	6,80	3,40	3,40	
Zábradelní sloupek:	Zábrdelní sloupek 0,73	6,50			6,50
Zábradlí:	Zábradlí ocel 3,07	5,60		5,60	5,60
Zábradlí:	Zábradlí ocel 1,57	2,90	1,45	2,90	2,90
Příčník:	Příčník 3,07	10,40	5,20		
Hmotnost dílců celkem			47,15	39,55	15,00
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,46	0,39	0,15
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,62	0,52	0,20
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,62	3,14	0,20
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			3,97		

2.1.2.8 Zatížení na sloupek I

Tabulka 10 - Zatížení na vnitřní a vnější sloupek I

Vnitřní sloupek I:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílce	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 1,57	11,90	5,95	5,95	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80	0,90	0,90	0,90
Spojka:	Spojka pevná	1,10		0,55	
Kotvení:	Kotva blitz	2,8		1,40	
Zábradelní sloupek:	Čelní zábradelní sloupek 0,73	13,3			6,65
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,4		2,20	
Hmotnost dílců celkem			21,05	20,40	7,55
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,21	0,20	0,07
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,28	0,27	0,10
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,28	1,62	0,10
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,00		
Vnější sloupek I:		Hmotnost dílce [kg]	První podlaží [kg]	Typické podlaží [kg]	Nejvyšší podlaží [kg]
Dílce	Název dílce				
Rám:	Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18,80		9,40	
Rám:	Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	11,90	5,95		
Rám:	Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	9,30	4,65		
Nánožka:	Nánožka 0,4	3,60	3,60		
Podlážka:	Podlážka ocel 1,57	11,90	5,95	5,95	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo čelní	1,80	0,90	0,90	
Zarážka:	Okopová zarážka dřevo 1,57	3,10	1,55	1,55	
Zábradelní sloupek:	Čelní zábradelní sloupek 0,73	13,30			6,65
Zábradlí:	Zábradlí ocel 1,57	2,90		2,90	2,90
Zábradlí:	Zábradlí ocel čelní	4,40		2,20	
Hmotnost dílců celkem			22,60	22,90	9,55
			První podlaží [kN]	Typické podlaží [kN]	Nejvyšší podlaží [kN]
Charakteristické zatížení Gk (kN)			0,22	0,22	0,09
Návrhové zatížení Gd (kN)			0,30	0,30	0,13
Počet podlaží			1	6	1
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			0,30	1,82	0,13
Návrhové zatížení celkem Gd (kN)			2,25		

- Z výše uvedených zatížení vyplývá, že nejvýše zatíženým sloupkem je vnější sloupek B (viz. Tabulka 4).

$$G_{d,b \text{ vnější}} = 7,17 \text{ kN}$$

- Tuto hodnotu budeme uvažovat jako reprezentativní pro výpočet vzpěrné únosnosti sloupku a zatížení na podklad
- Veškeré sloupky mohou být zatíženy sestavou vrátka a břemene (max 50 kg) o celkovém zatížení 0,8 kN.

2.2 Proměnné zatížení

2.2.1 Užiténé zatížení

- Hodnotu užiténého zatížení, dle třídy 3 pracovního lešení, uvažujeme $q_1 = 2,00 \text{ kN/m}^2$ v jednom podlaží a 50% hodnoty q_1 v podlaží následujícím. [3], [4], [5]

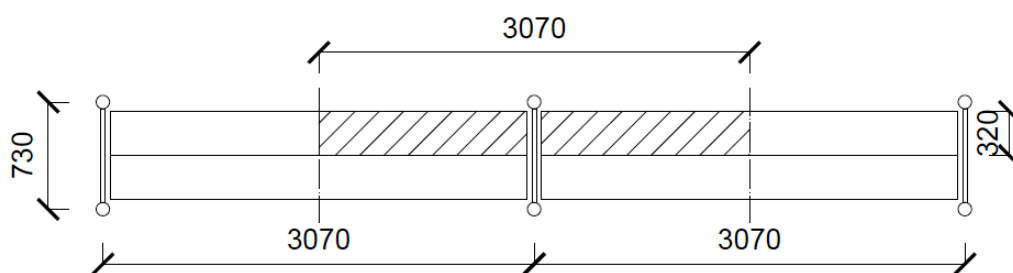
- Celková hodnota Q za provozu je rovna 150 % q_1

$$Q = 1,5 * q_1$$

$$Q = 1,5 * 2,00$$

$$Q = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

- Zatěžovací plocha A pro užiténé zatížení pro sloupky B, C, D, E, F, G [3], [4], [5]



$$A = \left(2 * \frac{3,07}{2}\right) * 0,32$$

$$A = 0,98 \text{ m}^2$$

- Charakteristické Q_k a návrhové Q_d užiténé zatížení pro sloupky B, C, D, E, F, G

$$Q_k = Q * A \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * \text{m}^2\right]$$

$$Q_k = 3,00 * 0,98$$

$$Q_k = 2,94 \text{ kN}$$

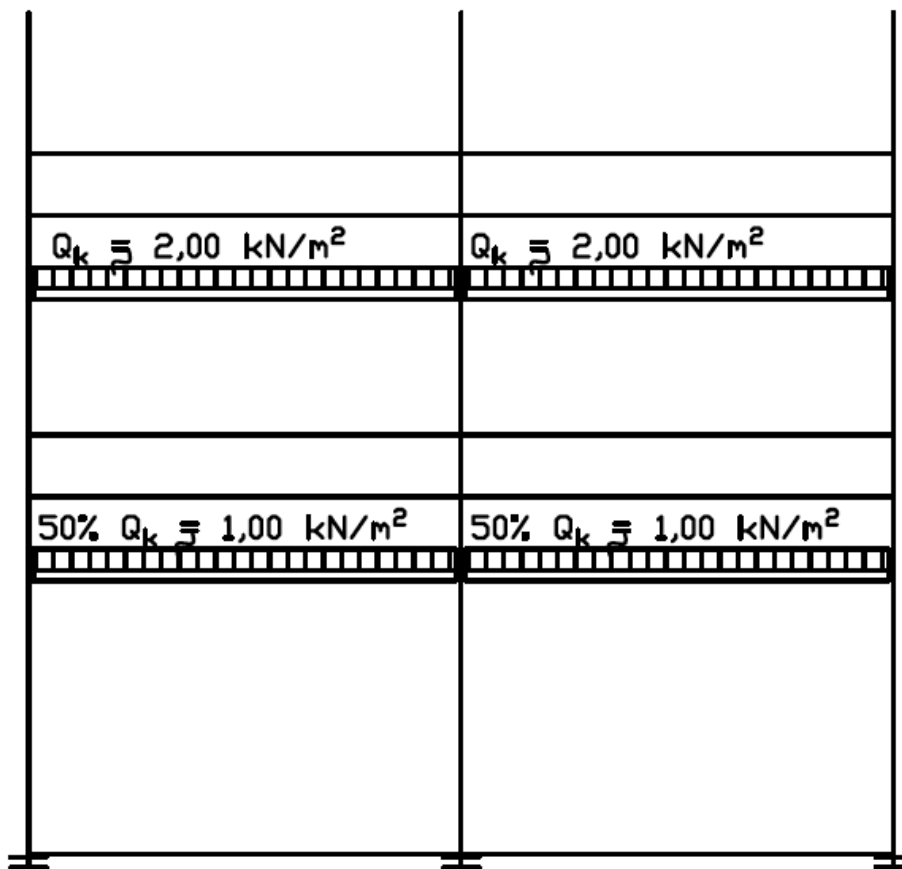
$$Q_d = Q_k * \gamma_F [\text{kN}], \text{ kde } \gamma_F = 1,5 [-] \text{ pro všechna proměnná zatížení [4], [5]}$$

$$Q_d = 2,94 * 1,5 [\text{kN}]$$

$$Q_d = 4,42 \text{ kN}$$

Tabulka 11 - Charakteristické Q_k a návrhové Q_d užité zatížení pro jednotlivé sloupky

Sloupek	Zatěžovací plocha A [m ²]	Užité zatížení Q [kN/m ²]	150 % užitého zatížení Q [kN/m ²]	Charakteristické užité zatížení Q_k [kN]	součinitel spolehlivosti γ_f [-]	Návrhové užité zatížení Q_d [kN]
A	0,49	2,00	3,00	1,47	1,5	2,21
B	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
C	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
D	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
E	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
F	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
G	0,98	2,00	3,00	2,95	1,5	4,42
H	0,74	2,00	3,00	2,23	1,5	3,34
I	0,25	2,00	3,00	0,75	1,5	1,13



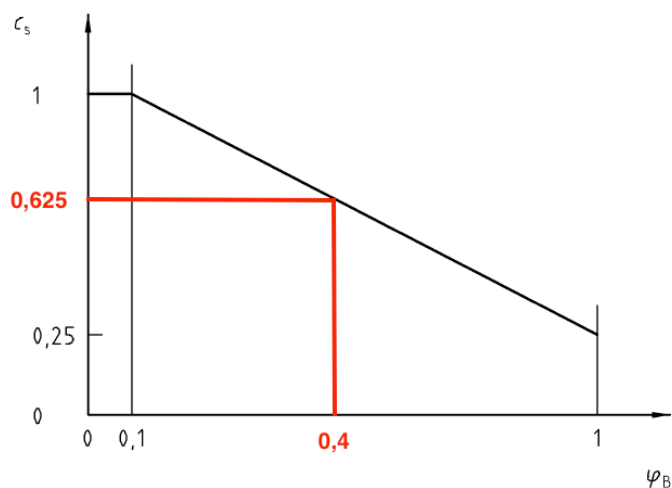
2.2.2 Zatížení větrem [3]

Zatížení větrem je vypočítáno za předpokladu, že dynamický tlak působí na vztažnou plochu pracovního lešení, které je obecně průmětem plochy ve směru větru. [3]

Charakteristická síla větru F :

$$F = c_s * \Sigma (c_{f,i} * A_i * q_i)$$

Kde: c_s součinitel polohy – odečten z Obrázku 2



Obrázek 2 - Součinitel c_s pro pracovní lešení na čele fasády pro sílu větru působící kolmo k fasádě, ČSN EN 12811-1

Φ je koeficient plnosti fasády je uvažován $\Phi = 0,4$ na bezpečné straně návrhu.

Výpočet koeficientu Φ z poměru ploch neuvažuje rozdílné namáhání kotvicích prvků dle umístění na fasádě.

$$\Phi = 0,4 [-]$$

$$c_s = 0,625 [-]$$

2.2.2.1 Aerodynamický součinitel c_f pro nezakrytou lešeňovou sestavu – Obrázek 3

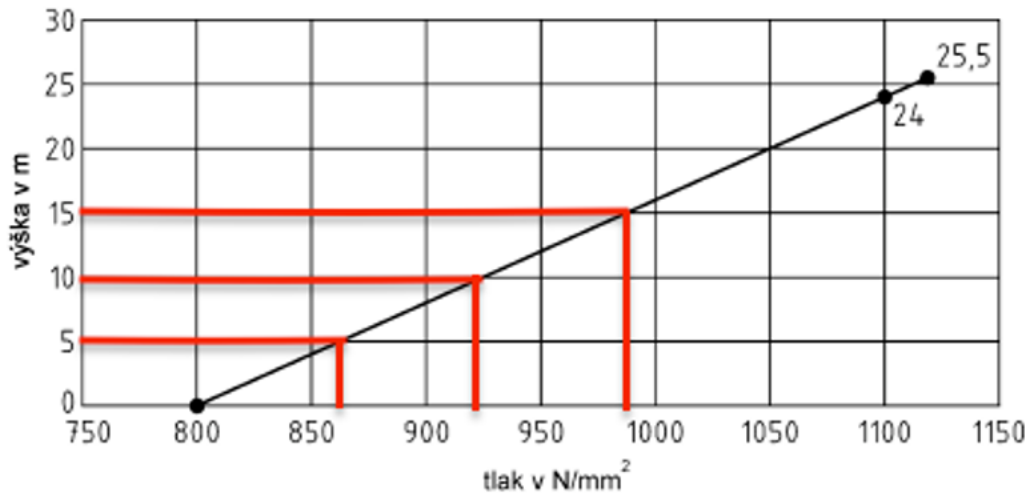
Rozlišení podle zakrytí systémové sestavy	Vztažná plocha A_i	
	Kolmo k fasádě	Rovnoběžně s fasádou
Nezakrytá	1,3	1,3
Zakrytá	1,3	0,1

Obrázek 3 - Aerodynamický součinitel c_f , J. Dolejš Lešení v zrcadle norem, Praha 2015

$$c_f = 1,3 [-]$$

2.2.2.2 Návrhový dynamický tlak q_i – Obrázek 4

Návrhový dynamický tlak pro lešeňovou konstrukci ve výšce 5, 10 a 15 metrů nad povrchem odečteme z obrázku 4.



Obrázek 4 - Návrhový dynamický tlak, J. Dolejš, Lešení v zrcadle norem, Praha, 2015

$$q_5 = 862 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 0,862 \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$
$$q_{10} = 925 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 0,925 \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$
$$q_{15} = 957 \left[\frac{N}{mm^2} \right] = 0,957 \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$

2.2.2.3 Vztažná plocha A_i

Tabulka 12 - Vztažná plocha pro zatížení větrem

Vztažná plocha do 5 m	Počet dílců	Výška dílce [m ²]	Délka/šířka dílce [m ²]	Vztažná plocha dílce [m ²]
Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	12	2,00	0,05	1,16
Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	4	1,00	0,05	0,19
Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	4	0,60	0,05	0,12
Podlážka ocel 3,07	9	0,08	3,07	2,21
Podlážka ocel 1,57	2	0,08	1,57	0,25
Zábradlí ocel 3,07	22	0,05	3,07	3,26
Zábradlí ocel 1,57	5	0,05	1,57	0,38
Diagonála 3,07	9	0,05	3,66	1,59
Okopová zarážka 3,07	8	0,15	3,07	3,68
Okopová zarážka 1,57	2	0,15	1,57	0,47
Příhradový nosník 7,71 m	0			0,00
Suma zatěžovací plochy A_5 (m²)				12,85
Vztažná plocha do 10 m	Počet dílců	Výška dílce [m ²]	Délka/šířka dílce	Vztažná plocha dílce [m ²]
Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	22	2,00	0,05	2,13
Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	1	1,00	0,05	0,05
Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	0	0,60	0,05	0,00
Podlážka ocel 3,07	14	0,08	3,07	3,44
Podlážka ocel 1,57	2	0,08	1,57	0,25
Zábradlí ocel 3,07	28	0,05	3,07	4,15
Zábradlí ocel 1,57	4	0,05	1,57	0,30
Diagonála 3,07	5	0,05	3,66	0,88
Okopová zarážka 3,07	14	0,15	3,07	6,45
Okopová zarážka 1,57	2	0,15	1,57	0,47
Příhradový nosník 7,71 m	1			0,88
Suma zatěžovací plochy A_{10} (m²)				17,65
Vztažná plocha do 15 m	Počet dílců	Výška dílce [m ²]	Délka/šířka dílce [m ²]	Vztažná plocha dílce [m ²]
Rám Euro ocel 2,0 x 0,73	18	2,00	0,05	1,74
Rám Euro ocel 1,0 x 0,73	0	1,00	0,05	0,00
Rám Euro ocel 0,6 x 0,73	0	0,60	0,05	0,00
Podlážka ocel 3,07	21	0,08	3,07	5,16
Podlážka ocel 1,57	3	0,08	1,57	0,38
Zábradlí ocel 3,07	42	0,05	3,07	6,23
Zábradlí ocel 1,57	6	0,05	1,57	0,45
Diagonála 3,07	4	0,05	3,66	0,71
Okopová zarážka 3,07	21	0,15	3,07	9,67
Okopová zarážka 1,57	3	0,15	1,57	0,71
Zábradelní sloupek	9	1,00	0,05	0,43
Suma zatěžovací A_{15} plochy (m²)				24,33

$$A_5 = 12,85 \text{ m}^2, A_{10} = 17,65 \text{ m}^2, A_{15} = 24,33 \text{ m}^2$$

2.2.2.4 Charakteristické $F_{k,i}$ a návrhové $F_{d,i}$ zatížení větrem

$$F_{k,i} = c_s * \Sigma(c_{f,i} * A_i * q_i)$$

$$F_{k,5} = 0,625 * (1,3 * 12,85 * 0,862)$$

$$F_{k,5} = 8,99 \text{ kN}$$

$$F_{k,10} = 0,625 * (1,3 * 17,65 * 0,925)$$

$$F_{k,10} = 13,27 \text{ kN}$$

$$F_{k,15} = 0,625 * (1,3 * 24,33 * 0,957)$$

$$F_{k,15} = 18,92 \text{ kN}$$

$$F_{d,i} = F_{k,i} * \gamma_F$$

Kde $\gamma_F = 1,5$ [-] pro všechna proměnná zatížení [4], [5]

$$F_{d,5} = 8,99 * 1,5$$

$$F_{d,5} = 13,49 \text{ kN}$$

$$F_{d,10} = 13,27 * 1,5$$

$$F_{d,10} = 19,91 \text{ kN}$$

$$F_{d,15} = 18,92 * 1,5$$

$$F_{d,15} = 28,38 \text{ kN}$$

Veškerá návrhová zatížení $F_{d,i}$ budou použity pro výpočet kotevních sil v jednotlivých úrovních v kapitole 3.5.

2.2.3 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem a zatížení námrazou můžeme zanedbat, lešení bude používáno pouze v období od 1. dubna do 30. září.

3. Návrh a posouzení nosných prvků

3.1 Vzpěrná únosnost sloupku

Vzpěrná délka sloupků rámu je v kolmé rovině k fasádě 2 m, dle výšky rámu. V rovině rovnoběžné k fasádě je vyžadován složitější výpočet. Proto jsou vzpěrné délky uvažovány dle kotevního návodu výrobce, tedy 4 m a 8 m vystřídane. [1], [5] Nebo lze pro obdobné konfigurace lešení lze uvažovat vzpěrnou délku $0,7 * 4$ m. [6], [7], [8]

3.1.1 Materiálové vlastnosti sloupku rámu

Rám Layher Blitz [1]

- výška 2,00 m
- šířka 0,73 m
- ocel S 235 JRH
- Trubka rámu sloupku 48,3 mm/ 3,2 mm
- Zaručená minimální mez kluzu $f_y = 235 \text{ MPa}$

3.1.2 Návrhová vzpěrná únosnost sloupku $N_{b,RD}$ [6], [7], [8], [9]

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_M} [kN]$$

- pro oceli tvářené za studena
- křivka vzpěrné pevnosti c
- dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_M = 1,1$

• Kde:

$$A = \pi * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right) [mm^2], \text{ plocha průřezu trubky}$$

$$A = \pi * \left(\left(\frac{48,3}{2} \right)^2 - \left(\frac{41,9}{2} \right)^2 \right) [mm^2]$$

$$A = 453 \text{ mm}^2$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^2}} [kN], \text{ součinitel vzpěrnosti}$$

$$\varphi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda - 0,2) + \lambda^2], \alpha = 0,49, \text{ tabulková hodnota}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr*1}}{i * \lambda_1}, \text{ poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

- Dosazení:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{235}}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\lambda_1 = 93,9 * 1$$

$$\lambda_1 = 93,9$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{L_{cr} * 1}{i * \lambda_1}$$

$$L_{cr} = L * 0,7 [m], \text{ pro } L > 2 m$$

$$L_{cr} = L [m], \text{ pro } L \leq 2 m$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$I = \frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{D}{2} \right)^4 - \left(\frac{d}{2} \right)^4 \right)$$

$$I = \frac{\pi}{4} * \left(\left(\frac{48,3}{2} \right)^4 - \left(\frac{41,9}{2} \right)^4 \right)$$

$$I = 115\,856,5 \text{ mm}^4 = 115,9 * 10^3 \text{ mm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{115,9 * 10^3}{453}} \text{ mm}^2$$

$$i = 16,0 \text{ mm}$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{L_{cr} * 1}{i * \lambda_1}, \text{ pro } L = 2$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{2 * 1}{0,016 * 93,9}$$

$$\tilde{\lambda} = 1,33$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{L_{cr} * 1}{i * \lambda_1}, \text{ pro } L = 4$$

$$\tilde{\lambda} = \frac{2,8 * 1}{0,016 * 93,9}$$

$$\tilde{\lambda} = 1,87$$

$$\varphi = 0,5 * [1 + \alpha * (\tilde{\lambda} - 0,2) + \tilde{\lambda}^2], \text{ pro } L = 2$$

$$\varphi = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,33 - 0,2) + 1,33^2]$$

$$\varphi = 1,66$$

$$\varphi = 0,5 * [1 + \alpha * (\tilde{\lambda} - 0,2) + \tilde{\lambda}^2], \text{ pro } L = 4$$

$$\varphi = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,87 - 0,2) + 1,87^2]$$

$$\varphi = 2,66$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^2}}, \text{ pro } L = 2$$

$$\chi = \frac{1}{1,66 + \sqrt{1,66^2 - 1,33^2}}$$

$$\chi = 0,38$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^2}}, \text{ pro } L = 4$$

$$\chi = \frac{1}{2,66 + \sqrt{2,66^2 - 1,87^2}}$$

$$\chi = 0,22$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_M}, \text{ pro } L = 2 \text{ m}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,38 \cdot 453 \cdot 235}{1,1}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,38 \cdot 453 \cdot 235}{1,1}$$

$$N_{b,Rd} = 36\,775,4 \text{ N} = 36,8 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_M}, \text{ pro } L = 4 \text{ m}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,22 \cdot 453 \cdot 235}{1,1}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,22 \cdot 453 \cdot 235}{1,1}$$

$$N_{b,Rd} = 21\,291 \text{ N} = 21,3 \text{ kN}$$

3.1.3 Posouzení vzpěrné únosnosti sloupku rámu

Vnější sloupek B, který je nejvíce zatížen stálým zatížením, $G_d = 7,71 \text{ kN}$ a užitným zatížením $Q_d = 4,42 \text{ kN}$, je celkově zatížen silou F_d .

$$F_d = G_d + Q_d \text{ [kN]}$$

$$F_d = 7,71 + 4,42$$

$$F_d = 12,13 \text{ kN}$$

$$F_d \leq N_{b,Rd}$$

Návrhové zatížení $F_d = 12,13 \text{ kN}$ přenesou sloupek rámu kotvený po 4 metrech.

3.2 Únosnost příhradového vazníku

3.2.1 Dílcová charakteristika [1], [10]

- Délka 7,71 m
- Výška (osová vzdálenost pásnic) 0,45 m
- Dimenze trubky horní a dolní pásnice vazníku 48,3 mm/ 3,2 mm
- Zaručená minimální mez kluzu $f_y = 235 \text{ MPa}$
- $F_{d,RD} = 11,86 \text{ kN}$ - maximální povolené zatížení dle katalogu výrobce [10]

3.2.2 Zatížení příhradového vazníku

- Zatížení F_d příhradového vazníku mezi sloupky B a D je vyvoláno od návrhové vlastní tíhy G_d sloupek C a nahodilého návrhového zatížení Q_d .

$$F_d = G_d + Q_d \text{ [kN]}$$

$$F_d = 3,94 + 4,42 \text{ [kN]}$$

$$F_d = 8,36 \text{ kN}$$

3.2.3 Posouzení únosnosti příhradového vazníku

$$F_{d,RD} > F_d$$

$$11,86 > 8,36 \text{ [kN]}$$

Zvolený příhradový vazník vyhoví na zatížení F_d .

3.3 Únosnost sestavy objímkových spojek

- Sestava objímkových spojek normálních třídy BB (2 spojky)

3.3.1 Charakteristika dílců

- Zkušební hodnota únosnosti F_{zk}

$$F_{zk} = 25,00 \text{ kN [11]}$$

- Návrhová hodnota únosnosti F_{Rd}

$$F_{Rd} = 0,6 * F_{zk}$$

$$F_{Rd} = 15 \text{ kN [4], [11]}$$

3.3.2 Zatížení sestavy spojek

- Návrhové zatížení F_d na sestavu spojek je vyvoláno stálým návrhovým zatížením $G_{d,vazník}$ od poloviny vlastní tíhy příhradového vazníku, dále stálým návrhovým zatížením $G_{d,BC}$ od pole mezi sloupky B a C a návrhovým užitným zatížením Q_d .

$$F_d = G_{d,vazník} + G_{d,BC} + Q_d \text{ [kN]}$$

$$F_d = 0,32 + 3,94 + 4,42$$

$$F_d = 8,68 \text{ kN}$$

3.3.3 Posouzení únosnosti sestavy spojek

$$F_{Rd} > F_d$$
$$15 > 8,68 [kN]$$

- Sestava spojek vyhoví zatížení vyvolanému polem mezi sloupky B a C respektive C a D.

3.4 Únosnost podloží

3.4.1 Charakteristika podloží

- Lešení založeno na rostlý terén – historickou kamennou dlažbu
- Minimální návrhová únosnost podloží $R_{dt} = 150 \text{ kPa}$

3.4.2 Zatížení od lešeňové konstrukce

- Největší zatížení vyvolává sloupek B, který přenáší zatížení návrhové stálé zatížení G_d a návrhové užité zatížení Q_d na jednu polovinu podkladku o celkové velikosti 1,0 x 0,25 m

- Zatěžovací plocha:

$$A = \frac{1000 \cdot 250}{2} [mm^2]$$

$$A = 125\,000 [mm^2]$$

- Zatížení od vnějšího sloupku B:

$$F_d = G_d + Q_d [kN]$$

$$F_d = 7,71 + 4,42$$

$$F_d = 12,13 \text{ kN}$$

- Návrhové zatížení σ_p které přenáší zatížení od podkladku

$$\sigma_p = \frac{F_d}{A} [N/mm^2]$$

$$\sigma_p = \frac{12\,130}{125\,000}$$

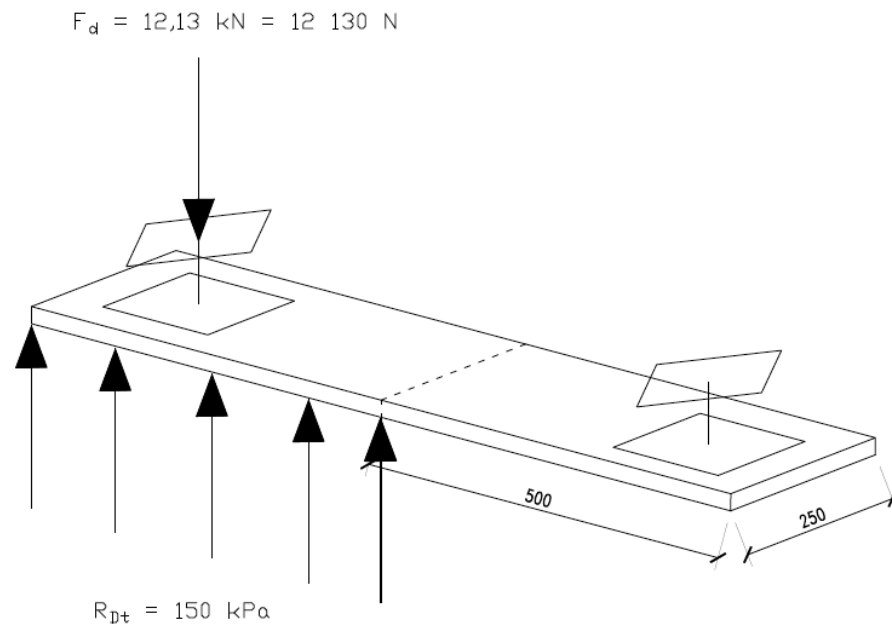
$$\sigma_p = 0,097 \frac{N}{mm^2} = 0,097 \text{ MPa} = 97 \text{ kPa}$$

3.4.3 Posouzení únosnosti zeminy

$$R_{dt} > \sigma_p$$

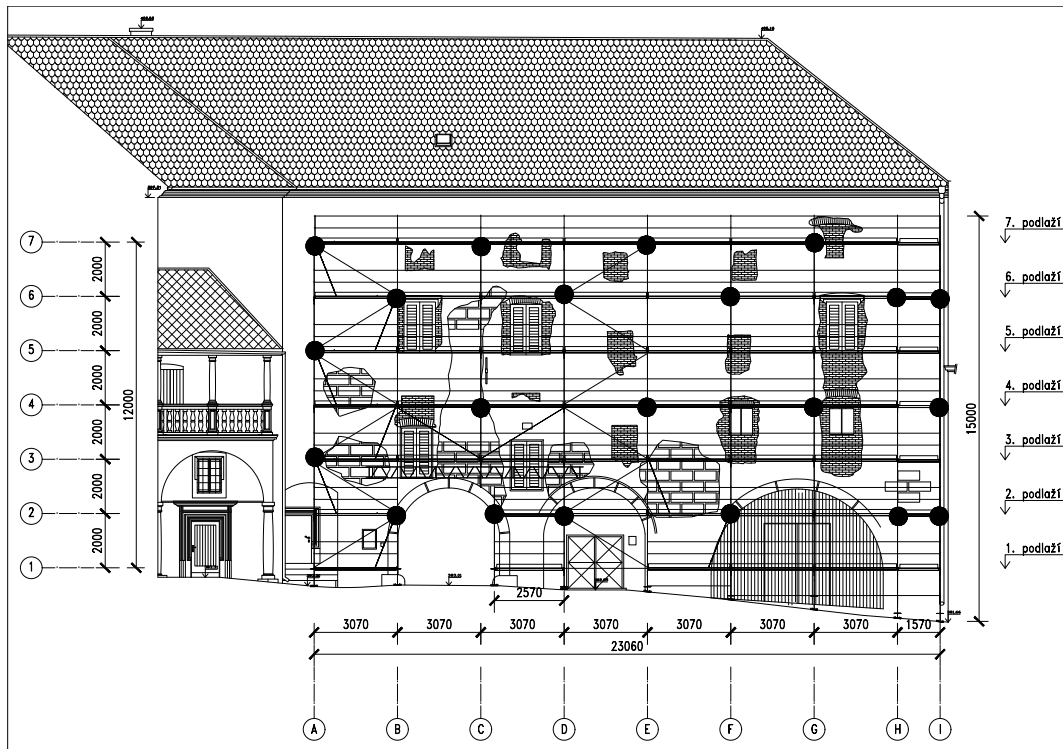
$$150 > 97 \text{ [kPa]}$$

- Zemina vyhoví zatížení vyvolanému lešením.



3.5 Výpočet kotevních sil

3.5.1 Návrhový kotevní plán dle vzpěrné únosnosti sloupku



- Počet kotevních prvků:
Úroveň 0–5 metrů – $n_5 = 6$ kotev
Úroveň 5–10 metrů – $n_{10} = 6$ kotev
Úroveň 10–15 metrů – $n_{15} = 9$ kotev

3.5.2 Vodorovné zatížení

- Vodorovným zatížením bude uvažováno návrhové zatížení větrem $F_{d,i}$:

$$F_{d,5} = 13,49 \text{ kN}$$

$$F_{d,10} = 19,91 \text{ kN}$$

$$F_{d,15} = 28,38 \text{ kN}$$

- Vodorovné zatížení na jednotlivé kotvy:

$$F_i = \frac{F_{d,i}}{n_i} \text{ [kN]}$$

$$F_5 = \frac{13,49}{6} \text{ [kN]}$$

$$F_5 = 2,25 \text{ kN}$$

$$F_{10} = \frac{19,91}{6} [kN]$$

$$F_{10} = 3,32 kN$$

$$F_{15} = \frac{28,38}{9} [kN]$$

$$F_{15} = 3,15 kN$$

- Dle kotevní síly $F_{10} = 3,32 kN$ budeme navrhovat kotevní materiál.

3.5.3 Kotevní prvky

- Pro kotvení lešení bude použita kombinace kotvicích prvků hmoždinka (S 14 ROE) + lešenářský šroub s okem (GS 12) od výrobce Fischer.
- Kombinace těchto kotevních prvků, v kotevním podkladu cihla plná, přenesou zatížení dle podkladů výrobce 13,0 kN.
- $F_{Rk} = 13,0 kN$

Mezní zatížení při porušení (5% kv.) N_u [kN].

Je nutné použít příslušný koeficient bezpečnosti pro Garantovaná zatížení.

Kotevní podklad	S 14 ROE + GS 12
beton B25	14.5
plná cihla Mz12	13.0
plná vápenopísková cihla KS12	14.5
plná tvárnice z lehkého betonu V2	3.0
děrovaná vápenopísková cihla 12	3.5
svisle děrovaná cihla 12	3.5

Obrázek 5 - Upevňovací systémy Fischer, katalog produktů, str. 199

3.5.4 Posouzení kotevních prvků

Dle normy nutno zkoušet 30 % kotevních prvků, které jsou použity na fasádě, na zatížení 120 % F_i . V tomto případě je nutné vyzkoušet 7 kotev na zatížení 3,99 kN ($1,2 * 3,32 kN$).
[12]

4. Použité normy a literatura

- [1] Wilhelm Layher GmbH Co KG, *Scaffolding Grandstands Ladders*, Gueglingen-Eibensbach, 2015.
- [2] *Eurokód 1: Zatážení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Březen 2004.
- [3] *ČSN EN 12811-1 Dočasné stavební konstrukce - Část 1: Pracovní lešení - Požadavky na provedení a obecný návrh*, Srpen 2004.
- [4] J. Dolejš, *Lešení v zrcadle norem*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, květen 2010.
- [5] S. Vlasák, *Konstrukce z lešení podle evropských norem*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, květen 2010.
- [6] Vlasák, Svatopluk, *Statický výpočet lešení Layher Blitz, budova MATFYZ v Praze, Vnitropodnikový dokument, majetek Skanska a.s.*, Praha, 2009.
- [7] Vlasák, Svatopluk, *Statický výpočet Layher Blitz, Krásova etapa I., Vnitropodnikový dokument majetek Skanska a.s.*, Praha, 2021.
- [8] Veverka, Petr, *Statické posouzení lešení Layher Blitz, bytový dům Jageho alej IV, Bratislava, Vnitropodnikový dokument majetek Skanska a.s.*, Praha, 2015.
- [9] J. Dolejš, *Navrhování konstrukcí z lešení I*, Praha: Tisk Česká technika, ČVUT v Praze, prosinec 2011.
- [10] Wilhelm Layher, *Layher systemfreie zuberhör, gitterträge 450 stahl*, Gueglingen-Eibensbach: Wilhelm Layher GmbH Co KG, 2018.
- [11] *ČSN EN 74-1, Spojky středící trny a nánožky pro pracovní a podpěrná lešení - Část 1: Spojky trubek - Požadavky a zkušební postupy*, Květen 2006.
- [12] *ČSN 738101, Lešení - Společná ustanovení*, Listopad 2018.
- [13] *ČSN EN 12811-2, Dočasné stavební konstrukce - Část 2: Informace o materiálech*, Říjen 2004.
- [14] *ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Červenec 2011.
- [15] *ČSN EN 12810-1, Fasádní dílcová lešení - Část 1: Požadavky na výrobky*, Srpen 2004.