

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Multikriteriální posouzení vhodnosti
návrhu systémového bednění podchodu
ŽST Pardubice**

Bc. Jakub Rašovec

2022

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:

Rašovec

Jméno: Jakub

Osobní číslo: 468419

Zadávací katedra: Katedra technologie staveb (k122)

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Multikriteriální posouzení vhodnosti návrhu systémového bednění podchodu ŽST Pardubice

Název diplomové práce anglicky: Multi-criteria assessment of suitability of the system formwork of underpass of the Pardubice railway station

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte návrhy nasazení různých typů systémových bednění pro vodorovné a svislé železobetonové konstrukce včetně variantního řešení záběrů u novostavby "SO 02-34-01 ŽST Pardubice hl. n., železniční most ev. km 304,425 přes ulici Sladkovského - podchod pro pěší" a porovnejte tyto návrhy mezi sebou dle těchto aspektů:

- Ekonomický (cena)
- Technologický (pracnost a výsledná pohledovost povrchu konstrukce)
- Technický (únosnost)
- Časový

Návrh tradičního bednění (na vybranou malou část stavby) a porovnání se systémovými bedněními

Seznam doporučené literatury:

- BAŠKOVÁ, R. Realizácia betónových konštrukcií. BELMAS GROUP, 2008
BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha : CREDIT, 2003
JURÍČEK, I. Technológia pozemných stavieb – hrubá stavba. Bratislava : Jaga group, 2001
OBERLENDER, G., PEURIFOY, R. Formwork for Concrete Structures. McGraw Hill Professional, 2010

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 20.9.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 2.1.2022

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího Ing. Václava Pospíchala, Ph.D.

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

.....

podpis

Na tomto místě bych chtěl velice poděkovat panu Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za odborné pedagogické vedení, vecné připomínky a konzultace při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým kolegům z firmy PERI za pomoc při zpracování výkresů a také firmě Chládek a Tintěra, dodavatele stavby, za poskytnutí projektové dokumentace řešeného objektu a za informace nezbytné pro zpracování mé práce.

Anotace:

Diplomová práce je zaměřena na zpracování návrhu různých typů systémových bednění od firmy PERI pro vodorovné a svislé konstrukce a návrhu variantního řešení záběrů pro zvolenou část novodstavby „SO 02-34-01 ŽST Pardubice hl. n., železniční most ev. km 304,425 přes ulici Sladkovského – podchod pro pěší“. V práci jsou popsány systémové bednění od firmy PERI, které lze použít pro tento konkrétní stavební objekt a vyjmenovány systémy bednění od konkurenčních dodavatelů, které svými vlastnostmi odpovídají systémům PERI. V dalších částech práce jsou vyhodnoceny jednotlivá porovnávaná kritéria. Výstupem práce je multikriteriální posouzení a stanovení nejvýhodnější kombinace bednění pro dodavatele stavby.

Klíčová slova: *Systémové bednění, multikriteriální posouzení, železobeton, monolitická konstrukce, individuální kalkulace, pohledový beton*

Abstract:

The diploma thesis is focused on the elaboration of the design of various types of system formwork from the company PERI for horizontal and vertical constructions and the design of a variant solution of shots for the selected part of underpass of the Pardubice railway station. The work describes system formwork from the company PERI, which can be used for this building and lists the formwork systems from competing suppliers, whose properties correspond to PERI systems. In other parts of the work, the individual compared criteria are evaluated. The output of the work is a multi-criteria assessment and determination of the most advantageous combination of formwork for the construction contractor.

Keywords: *System formwork, multicriteria assessment, reinforced concrete, monolithic construction, individual calculation, exposed concrete*

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Charakteristika objektu	5
2.1	Postup betonáže.....	6
3	Seznámení s bednicími systémy	9
3.1	Volba systémových bednění.....	9
3.2	O společnosti PERI	9
3.3	Bednicí systémy pro svislé konstrukce	10
3.3.1	DOMINO	10
3.3.2	DUO	11
3.3.3	TRIO.....	12
3.3.4	MAXIMO.....	14
3.4	Bednicí systémy pro vodorovné konstrukce	15
3.4.1	MULTIFLEX	15
3.4.2	SKYDECK.....	16
3.4.3	DUO	17
3.5	Opěrné systémy pro jednostranné bednění.....	17
3.5.1	Opěrný rám SB.....	17
4	Vícekritériální posouzení.....	18
4.1	Výběr souboru kritérií	18
4.2	Výsledná pohledovost	19
4.2.1	Stěnová bednění	22
4.2.1.1	Postup betonáže – varianta 1	22
4.2.1.2	Postup betonáže – varianta 2	24
4.2.2	Stropní bednění	26
4.2.2.1	Postup betonáže – varianta 1	27
4.2.2.2	Postup betonáže – varianta 2	28
4.2.3	Zhodnocení podlekovosti stěnových a stropních bednění.....	30
4.3	Únosnost bednění a rychlost betonáže	31
4.4	Výpočet doby trvání stavebních procesů	33
4.5	Harmonogram prací.....	34
4.6	Náklady	35
4.6.1	Přímé náklady.....	35
4.6.1.1	Přímý materiál – hmoty	35
4.6.1.2	Přímé mzdy	36
4.6.1.3	Ostatní přímé náklady	36
4.6.2	Nepřímé náklady	36
4.6.2.1	Režie výrobní	36
4.6.2.2	Režie správní	36
4.6.2.3	Zisk.....	37

4.6.3	Vyhodnocení z hlediska nákladů.....	48
4.7	Stanovení vah vybraných kritérií	49
5	Celkové vyhodnocení variant	50
6	Konečná volba variant bednění dodavatelem stavby.....	53
7	Dodatečné zhodnocení kvality povrchu konstrukce	56
8	Porovnání tradičního a systémového bednění	63
9	Závěr.....	64
	Seznam příloh	69
	Seznam obrázků	70
	Seznam tabulek.....	73

Seznam použitých symbolů a zkratk

<i>ČSN</i>	Česká technická norma
<i>EN</i>	Evropská norma
<i>TP</i>	Technická pravidla
<i>ČBS</i>	Česká betonářská společnost
<i>TB</i>	Třída bednění
<i>ČR</i>	Česká republika
<i>DIN</i>	Deutsches Institut für Normung (Německý institut pro normy a standardizace)
<i>M.J.</i>	Měrná jednotka

1 Úvod

Bednění je dočasná či trvalá forma vymezující předepsaný tvar betonové konstrukce, která musí být schopná nést tíhu betonu do doby dostatečného vyvrání beze změny požadovaného tvaru konstrukce. Bednění se rozděluje na tradiční tesařské bednění zhotovené z prken, překližek a dřevěných hranolů a systémové bednění, jenž je průmyslově vyráběný standardizovaný soubor prvků a dílců formy, zahrnující podpěrné a opěrné systémy a ochranné lešení. [1; 2; 3; 4]

V současnosti se přednostně využívá systémové bednění, jelikož oproti tradičnímu bednění má znatelně menší spotřebu řeziva. Tento fakt umocňuje i aktuální skokový růst cen stavebního dřeva na trhu, který v ČR vzrostl až o 160 %. [5] Další předností je rychlost a snadná montáž, kterou dokážou provádět i pracovníci s nižší kvalifikací, opakovatelnost, optimální nasazení sad a zkrácení celkové doby výstavby. Nevýhodou systémových bednění je nutnost montážního plánu bednění a poměrně vysoká pořizovací cena. Tento bod však není tak rozhodující, jelikož většina stavebních firem volí raději možnost si bednění zapůjčit na určitou dobu u dodavatelů systémových bednění než jeho koupi. [4]

Systémové bednění je dodáváno do ČR různými výrobci, kde každý používá odlišné systémové prvky a materiály. Nejčastějšími materiály jsou ocel, hliníkové slitiny, překližka, přesné dřevěné výrobky a pomalu prosazované plastové materiály. K největším dodavatelům systémového bednění v ČR se řadí firmy PERI, DOKA, ULMA a PASCHAL. [2]

Cílem práce je zpracování návrhu systémového bednění svislých a vodorovných konstrukcí pro část zvoleného stavebního objektu včetně variantního řešení záběrů. Pro návrh jsou zvoleny systémy nabízené firmou PERI, jenž jsou vhodné k použití pro zvolený objekt.

Diplomová práce je rozdělena na textovou a výkresovou část.

Úvod textové části práce se zabývá seznámením se se systémy od společnosti PERI, které jsou běžně používané na území ČR, jejich přednostmi, nevýhodami a vhodností použití pro daný objekt.

V následující části se provádí porovnání zvolených systémů na základě návrhu. Hlavními porovnávacími faktory jsou cena, pracnost a výsledná pohledovost, únosnost bednění a časová náročnost.

Pro vybranou malou část stavby byl také zpracován návrh tradičního tesařského bednění, který je zahrnut do porovnání se systémovým bedněním.

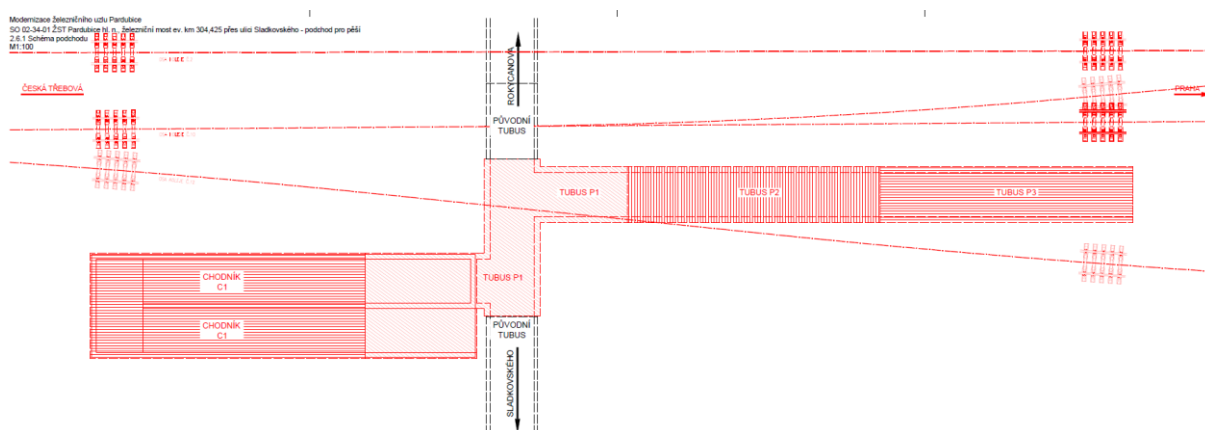
2 Charakteristika objektu

Předmětem řešení je novostavba „SO 02-34-01 ŽST Pardubice hl. n., železniční most ev. km 304,425 přes ulici Sladkovského – podchod pro pěší“. Jedná se o uzavřený monolitický železobetonový rám s odděleným průchozím prostorem pro chodce a prostorem pro vedení inženýrských sítí v komoře pod podlahou. Podchod je založen na železobetonové základové desce, která je součástí izolační vany.

Dle projektové dokumentace musí být lícová strana konstrukce betonována v kvalitě pohledového betonu. Provádění betonových konstrukcí bude podle ČSN EN 13670 a požadavky na povrchy pohledového jsou stanoveny dle TP ČBS 03. Pro betonové konstrukce je použita třída bednění TB2 dle T/ČBS 03. Nejnovější vydání TP ČBS 03 vyšlo v roce 2018, avšak projektová dokumentace odkazuje na starší vydání z roku 2009, a tedy pro návrh a posouzení bednění se bude vycházet z tohoto vydání.

Celý objekt je rozdělen do menších dilatačních dílů označených jako: Chodník C1, Tubus P1, Tubus P2 a Tubus P3. Pro zpracování diplomové práce byla zvolena část stavby označená jako Tubus P1 kvůli své tvarové a technologické složitosti.

Vzhledem k dostatečné velikosti staveniště a dobré dopravní přístupnosti je počítáno, že manipulace s bedněním bude zajištěna jeřábovou technikou.



Obr. 1: Výřez schématu podchodu (viz příloha 2.06.01)

2.1 Postup betonáže

Betonáž objektu probíhá v záběrech, které jsou patrné z poloh pracovních spár vykreslených v přílohách 2.06., vždy v rámci jednoho dilatačního celku. Tyto spáry jsou však z hlediska proveditelnosti navržené velice neprakticky, jelikož se nachází ve výšce až 150 mm nad podlahou. Při takovéto výšce se velmi těžce navazuje další záběr, a i nepatrná nerovnost může způsobit vytečení cementového mléka. Totéž platí i pro spáry, které jsou navržené pod stropem, zde také 150 mm od podhledu. Nejen že zde vzniká riziko vytečení cementového mléka, ale také zde vznikne viditelný přechod mezi záběry, který zhoršuje výslednou pohledovost povrchu.

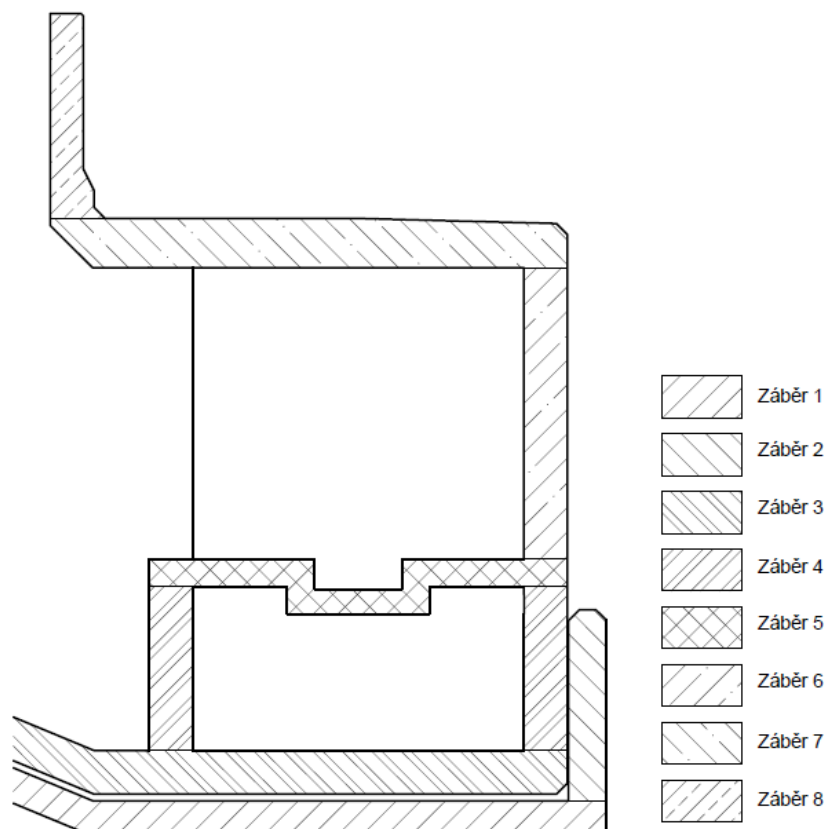
Proto bylo přistoupeno ke změně polohy pracovních spár, které se přesunuly do míst, kde se sbíhají vodorovné a svislé konstrukce.

Záběr, který z hlediska návrhu bednění není řešen, je betonáž základové desky těsnící vany, kde bednění čel si zajišťuje sám dodavatel stavby.

Postup betonáže pro řešenou část stavby „Tubus P1“ je následující:

Varianta 1

1. záběr - betonáž základové desky těsnící vany
2. záběr - betonáž stěn těsnící vany
3. záběr - betonáž základové desky tubusu
4. záběr - betonáž stěn tubusu v prostoru pro vedení kabeláže
5. záběr - betonáž stropu nad prostorem pro vedení kabeláže
6. záběr - betonáž stěn tubusu v prostoru pro chodce
7. záběr - betonáž stropu nad prostorem pro chodce
8. záběr - betonáž stěn zábradlí v prostoru přístupové rampy



Obr. 2: Schéma postupu betonáže – varianta 1, zdroj: vlastní

Při bližší kontrole projektové dokumentace, konkrétněji výkresů výztuže (Obr. 3), se díky navržené skladbě výztuže nabízí řešení společné betonáže stěn a stropu v prostoru pro chodce, který zapříčiní snížení počtu záběrů, což by mohlo způsobit zrychlení postupu výstavby. Stejné řešení však nelze použít i pro betonáž stropu v prostoru pro kabeláž z důvodu nevyhovujících prostorových podmínek pro manipulaci s bednicími díly zejména při odbedňování. Zohledníme-li tyto úpravy, pak upravený postup betonáže Tubusu P1 by byl následující:

Varianta 2

1. záběr - betonáž základové desky těsnící vany
2. záběr - betonáž stěn těsnící vany
3. záběr - betonáž základové desky tubusu
4. záběr - betonáž stěn tubusu v prostoru pro vedení kabeláže
5. záběr - betonáž stropu nad prostorem pro vedení kabeláže
6. záběr - betonáž stěn a stropu tubusu v prostoru pro chodce
7. záběr - betonáž stěn zábradlí v prostoru přístupové rampy

3 Seznámení s bednicími systémy

Na území České republiky působí řada firem zaměřující se vývojem, prodejem či pronájmem systémových bednění pro různé druhy stavebních konstrukcí. Mezi největší výrobce patří firmy PERI, DOKA, ULMA či PASCHAL, kde každá firma nabízí své systémy bednění. Ty se však mezi sebou liší velmi málo a lze tedy nalézt ekvivalenty bednicích systémů mezi nimi. Tyto ekvivalenty, které lze použít pro řešený objekt, jsou vypsány v tabulce níže. Jsou zde zmíněny pouze ty systémy, které se shodují typem konstrukce, materiálem a způsobem manipulace, tedy stěnové rámové lehké a těžké bednění a stropní nosníkové, či panelové stropní bednění. Jediné bednění, které není nabízeno všemi výrobci, je stropní panelové bednění, jež nenabízí firma PASCHAL. [6; 7; 8; 9]

Tab. 1: Systémová bednění podle výrobců, zdroj: vlastní

Systémová bednění	Výrobce			
	PERI	DOKA	ULMA	PASCHAL
stěnové lehké rámové	DOMINO	Frami Xlife	LGW	Raster/GE
stěnové těžké rámové	TRIO	Framax Xlife	ORMA	LOGO 3
stropní nosníkové	MULTIFLEX	Dokaflex	ENKOFLEX	PASCHAL DECK
stropní panelové	SKYDECK	Dokadeck 30	CC-4	x

3.1 Volba systémových bednění

Pro účely zpracování diplomové práce byly zvoleny bednicí systémy od firmy PERI, z důvodu, že autor diplomové práce pracuje v této firmě jako technik bednění pozemních staveb a má přístup k dokumentům týkajících se daných bednicích systémů.

3.2 O společnosti PERI

Firma PERI je společnost, se sídlem v německém Wiessenhornu, patřící mezi největší světové výrobce bednění a lešení, která byla založena v roce 1969. V současnosti má společnost více než 64 dceřiných společností a přes 120 logistických center po celém světě. V České republice zahájila své působení v roce 1992 založením dceřiné společnosti PERI Česká republika se sídlem v Jesenici u Prahy. [10]

3.3 Bednicí systémy pro svislé konstrukce

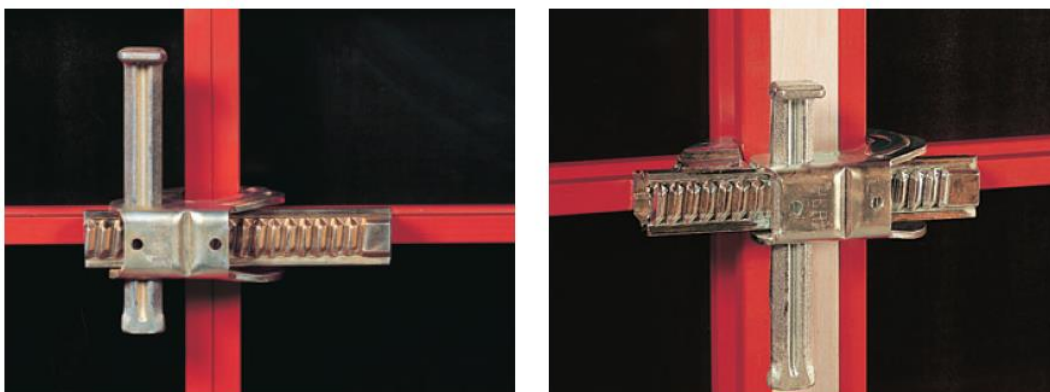
3.3.1 DOMINO

Domino je lehké rámové bednění vhodné pro výstavbu pozemních či inženýrských staveb. Vyrábí se v modulové řadě po 25 cm od šířky 25 cm do 100 cm. Výška panelů se pohybuje v rozmezí od 75 cm do 250 cm.



Obr. 5: Bednění DOMINO [11]

Spojení panelů je běžně zajišťováno pomocí zámků DRS (obr. 3) a v případě méně namáhaných spojů klínovými zámků DKS (obr. 4).



Obr. 6: Zámek DRS (zleva u běžných spojů, zprava s dřevěným doměrkem) [12]

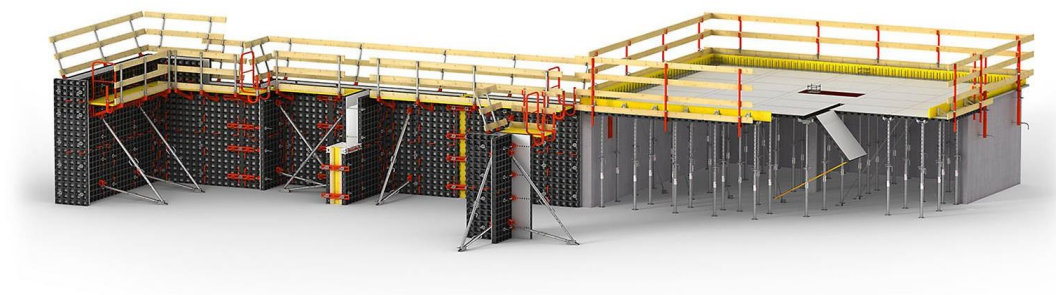


Obr. 7: Klínový zámek DKS [12]

Z hlediska použití je systém Domino vhodný pro obě varianty postupu betonáže, zejména pro variantu 2, kdy je zvažovaná možnost společného betonování stěn a stropů tubusu. Za těchto pomínek je velkou výhodou tohoto systému, s přihlédnutím k velikosti zabetonované plochy, malá váha panelů, a tedy možná ruční manipulace. Váha největšího panelu 250x100 cm je 87,7 kg a jeho manipulaci lze dle nařízení vlády NV č. 361/2007 Sb. zajistit dvěma pracovníky. Další výhodou oproti jiným systémům, které lze použít pro variantu 2 je výsledná pohledovost povrchu betonu, která vychází z menšího počtu viditelných vodorovných a svislých spár a počtu otvorů po rádlování. [12; 13]

3.3.2 DUO

Systém Duo je taktéž jako předchozí systém další ze zástupců lehkého rámového bednění, který vyniká malou hmotností, a zvláště snadnou manipulací. Oproti ostatním systémům je takřka celý systém Duo vyráběn z kompozitních materiálů z technopolymerů, které jsou jak lehké, tak ale zároveň velmi únosné. Tento systém je velice všestranný a lze ho použít jak pro bednění stěn a sloupů, tak i pro bednění stropů.



Obr. 8: Bednění DUO [14]

Bednicí panely se vyrábí v modulové řadě od 15 do 90 cm odstupňované po 15 cm a ve dvou výškách (60 a 135 cm). Jednotlivé panely jsou spojovány pomocí klipů DUO (obr. 6).



Obr. 9: Klip DUO [15]

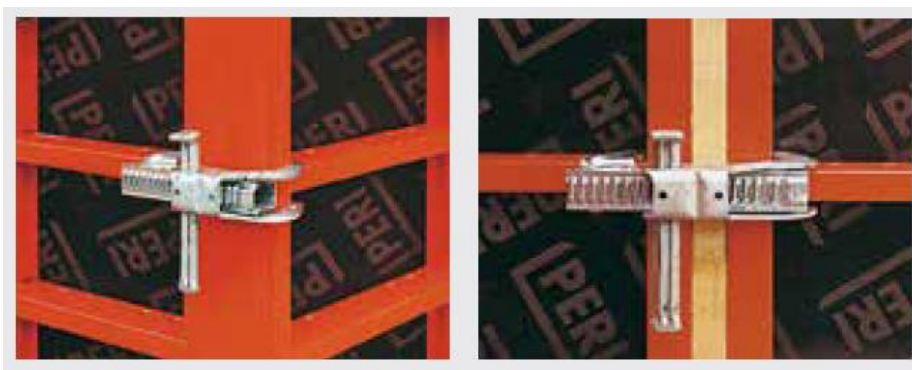
System Duo je další možný systém, který lze použít pro druhou variantu betonování podchodu. Jeho velkou předností je váha bednicích panelů, která je oproti ostatním systémům bezkonkurenční. Nejtěžším prvkem, z kterého se bednění skládá, je panel 135x90 cm, který váží pouhých 24,9 kg, a tudíž jeho přepravu lze zajistit i jedním pracovníkem. V této výhodě se však odráží malá maximální únosnost bednění, která činí pouze 50 kN/m² a aby se zajistila tato limitní hodnota, musí dojít ke zpomalení rychlosti betonáže. Další nevýhodou systému je horší výsledná pohledovost povrchu konstrukce, jelikož v porovnání s předchozím systémem Domino zde bude vykresleno více spár, především vodorovných, a také větší počet otvorů po rádlování. [15]

3.3.3 TRIO

Rámové bednění Trio je velkoplošné univerzální bednění, které se využívá zejména při betonování stěn velkých ploch a výšek. Systém se skládá z panelů šesti různých šířek v modulu po 30 cm. Standardní prvky mají velikost až 330x240 cm. Spojení panelů je zajištěno zámkou BFD (obr. 8).



Obr. 10: Bednění TRIO [16]



Obr. 11: Zámek BFD (zleva u běžných spojů, zprava s dřevěným doměrkem) [17]

System Trio se řadí mezi těžké bednění, jehož konstrukce umožňuje ukládat čerstvý beton do formy až do maximálního tlaku 80 kN/m^2 , což přispívá k výraznému zrychlení betonáže. Toto však ale zapříčiňuje, že váha panelů neumožňuje ruční manipulaci a je tedy nutná přítomnost jeřábové techniky.

Tento systém by se mohl využít spíše pro variantu 1 postupu betonáže, než pro variantu 2, protože betonováním do velkoformátového bednění by došlo ke značnému zlepšení výsledné pohledovosti povrchu a snížením počtu půjčeného materiálu, tedy zrychlením doby potřebné pro montáž bednění. Jelikož však návrh výztuže neumožní manipulaci s velkoplošnými panely jeřábem, lze zde využívat pouze panely menších ploch. System Trio lze použít i také pro variantu 2, ale pouze za podmínek, které by nijak nezávážily tento systém. Například také jako u varianty 1 zde nelze využít panely velkých ploch, jelikož by vyžadovaly pro manipulaci uvnitř objektu manipulační techniku. Její použití je však za daných podmínek téměř nereálné, zejména z důvodu velikosti manipulačního prostoru uvnitř

objektu a také z hlediska nákladů navíc za pronájem techniky. Vhodný panel, který by se mohl použít pro obě varianty a nejlépe by vycházel z poměru plochy ku váze, je panel o maximální velikosti 270x90 cm a váze 115 kg. S takovou váhou však mohou dle nařízení vlády manipulovat tři pracovníci, a to zapříčiňuje vyšší náklady na mzdy. V dalším hledisku se jednotlivé varianty rozcházejí kvůli orientaci panelů vzhledem k světlé výšce podchodu. Varianta 1 umožňuje svislou orientaci panelů a vyloučením všech vodorovných pracovních spár, což je z hlediska pohledovosti přínosné. Stejnou orientaci však neumožňuje varianta 2, jelikož se panely se svou výškou 270 cm, nevejdou do světlé výšky tubusu 267 cm. Z toho důvodu by se panely musely skládat naležato v několika vrstvách nad sebou, a to způsobí zvýšení počtu spojovacího příslušenství, tedy navýšení ceny za pronájem bednění a prodloužení doby nutné pro montáž. Dále výsledná pohledovost by se také z hlediska počtu spár a otvorů po rádlování, nijak zdatelně nezlepšila. [17]

3.3.4 MAXIMO

Systém Maximo je velkoplošné těžké bednění, které vychází z konstrukce systému Trio. Oproti němu lze ale prokazatelně pracovat až o 50 % rychleji. Toto potvrzují nezávislé měření doby trvání práce od německého Ústavu pro efektivní organizaci času a podnikové poradenství ve stavebnictví. Pro spojování panelů se taktéž jako u systému Trio používají zámky BFD (obr. 8).



Obr. 12: Bednění MAXIMO [18]

Předností tohoto systému je obslužnost spínání panelů, které probíhá jen z jedné strany bez použití distančních trubek, uspořádaný modul spár i spínacích míst s menším počtem

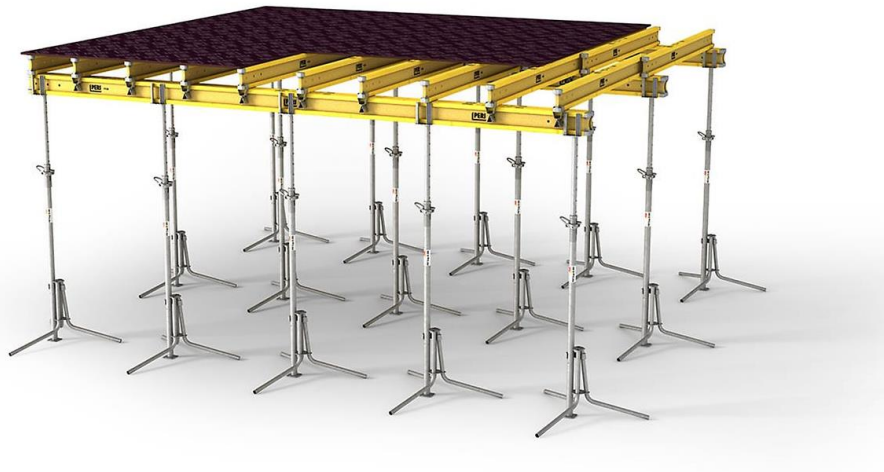
spínacích tyčí než u systému Trio a celkově soustředně umístěné spínání, které zajišťuje uspořádaný vzhled povrchu betonu. Taktéž jako předešlý systém i tento dosahuje maximálního dovoleného tlaku čerstvého betonu 80 kN/m^2 .

System Maximo je nejtěžším nabízeným stěnovým systémem od firmy PERI, jenž vylučuje možnost jakékoli ruční manipulace. Proto je nemožné použít tento systém bednění u obou variant postupu betonáže podchodu. [19]

3.4 Bednicí systémy pro vodorovné konstrukce

3.4.1 MULTIFLEX

Multiflex je stropní nosíkové bednění, které se sestává ze tří základních prvků. Betonářské desky, které tvoří formu betonované konstrukce, dále pak roštem z dřevěných plnostěnných i příhradových nosníků, jež jsou typické pro tento systém a na závěr ocelovými či hliníkovými stojkami, které bednění popírají a přenáší zatížení do spodní nosné konstrukce. U masivních těžkých konstrukcí, či konstrukcí s vyšší světlou výškou se stojky nahrazují různými typy podpěrných věží.



Obr. 13: Bednění MULTIFLEX [20]

Nosíkové stropní bednicí systémy patří v České republice k nejpoblárnějším vodorovným bedněním. Je to dáno především nízkými mzdovými náklady a pořizovací cenou bednění i přesto, že montáž a demontáž je časově mnohem náročnější než u panelových systémů. Velkou výhodou tohoto systému je to, že se může použít pro téměř jakoukoli tloušťku vodorovné konstrukce. Limitujícím aspektem je pouze únosnost a průhyb betonářské

desky. Další velkou výhodou je také jeho flexibilita z hlediska dobrého přizpůsobení se jakémukoli půdorysu.

Z těchto důvodů lze tento systém použít pro návrh bednění vodorovných konstrukcí zvoleného objektu. [21]

3.4.2 SKYDECK

Skydeck je systémové panelové bednění pro vodorovné konstrukce, převážně pro bednění stropních desek. Hlavními prvky tohoto konstrukčního systému jsou panely, nosníky, hlavy (padací, pevné, či opěrné) a hliníkové nebo ocelové stojky. U bednění řešeného pomocí padacích hlav je součástí systému i krycí lišta. Systém je konstruován tak, že montáž a demontáž bednění lze provádět ručně, bez pomoci jeřábu.



Obr. 14: Bednění SKYDECK [22]

Velkou výhodou systému Skydeck je jednoduchá manipulace, rychlá montáž a následná demontáž bednění a díky konstrukci tzv. padacích hlav i možnost brzkého odbědnění prvků, které se mohou dále použít pro bednění následujících záběrů. To umožňuje betonovat menší plochy stropu v rychlém sledu za sebou, a tedy šetření nákladů za pronájem bednění. S touto výhodou však nelze počítat v případech, kdy bedněná konstrukce nedovolí použití padacích hlav. Nevýhoda tohoto systému je náchylnost na poškození hliníkových prvků, což způsobuje případné další náklady za opravu.

Skydeck je další ze systémů stropního bednění, které by se dalo použít pro zvolený objekt u obou variant. Lze ho použít i pro bednění stropu nad kolektorem, ale pouze v části, kde strop není snížen, tzn. pouze v zárodku na navazující tubus P2, z důvodu nízké světlé výšky. [23]

3.4.3 DUO

Tento systém byl již popisován v odstavci 3.1.2., kde bylo psáno, že se používá i jako panelové stropní bednění. Pro tuto stavbu však s jeho využitím nelze počítat, jelikož objekt nespĺňuje limitní hodnotu tloušťky stropní konstrukce, která je pro systém DUO dle návodu k montáži a používání omezena na maximálně 30 cm, kdežto tloušťka stropu podchodu dosahuje až 45 cm. [15]

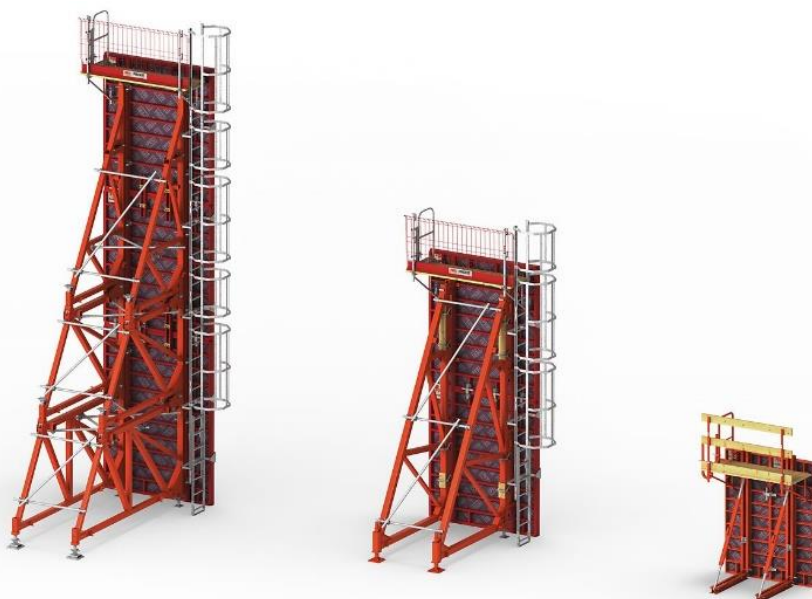


Obr. 15: Stropní bednění DUO [14]

3.5 Opěrné systémy pro jednostranné bednění

3.5.1 Opěrný rám SB

Opěrný rám SB je systémová opěrná konstrukce jednostranného bednění, která odvádí tlak čerstvého betonu do spodní stavby či základů, vznikající při betonování. Manipulace s rámem je možná pouze za pomoci jeřábu, ale pro případ, kdy není použití jeřábu možné, je zde i varianta tohoto systému tzv. SB-L VARIOKIT, který je sestaven z prvků dovolující ruční manipulaci. Výhodou těchto rámu je jejich možná kombinace se všemi nabízenými stěnovými systémy od firmy PERI. [24]



Obr. 16: Opěrný rám SB (vlevo a uprostřed), rám SB-L VARIOKIT (vpravo) [25]

Pro návrh bednění zvoleného objektu se počítá s využitím obou typů opěrných rámců, jak u první, tak u druhé varianty postupu betonáže.

4 Vícekriteriální posouzení

Cílem diplomové práce je nalezení nejvhodnějšího typu systémového bednění a nalezení optimální varianty řešení záběrů betonáže. Jednotlivé varianty a typy bednění budou následně mezi sebou porovnávány podle různých hodnotících kritérií.

4.1 Výběr souboru kritérií

Prvním hodnotícím kritériem pro zvolený objekt jsou celkové náklady neboli cena, které řadí většina zákazníků mezi nejdůležitější kritérium a má velký vliv na konečný výběr produktu. Pro účely diplomové práce je počítáno, že zákazník si nehodlá bednění kupovat, ale že si pouze bednění pronajme na potřebný čas za měsíční nájem (1 měsíc = 30 kalendářních dní), který bude činit 5 % z prodejní ceny bednění. S ohledem na to, že je objekt betonován v několika záběrech, tak cena bude stanovena z maximálního seznamu položek bednění ze všech záběrů. Porovnávaná částka bude cena vztažená na m^2 plochy. Druhým kritériem, důležitým pro konkrétní objekt, je výsledná pohledovost povrchu betonové konstrukce, která pro zachování objektivitu, byla hodnocena podle výsledného počtu

vodorovných a svislých spár a počtu otvorů po spínání na zvolené části řešené konstrukce. Pohledovost bude hodnocena i ze subjektivního pohledu, kde bude přihlíženo k rovnoměrnému rozdělení celkové plochy na menší plochy. Třetím faktorem je maximální únosnost jednotlivých bednicích systémů, které jsou dané výrobcem dle návodu pro montáž bednění. Posledním čtvrtým hodnotícím faktorem je doba, která je předpokládána pro dokončení zvoleného dilatačního úseku. Seznam vybraných kritérií představuje následující tabulka.

Tab. 2: Seznam kritérií, zdroj: vlastní

Kritérium	Název kritéria	Jednotka
Kritérium 1	Náklady	Kč/m ² (bez DPH)
Kritérium 2	Výsledná pohledovost	celkový počet spár a otvorů
Kritérium 3	Únosnost bednění	kN/m ²
Kritérium 4	Doba trvání	Den

4.2 Výsledná pohledovost

Výsledná pohledovost povrchu betonové konstrukce je pro řešenou stavbu jeden z důležitých faktorů, který má výrazný vliv na konečný výběr typu systémového bednění. Na pohledovost má vliv spousta dílčích faktorů, jako jsou např.:

- únosnost a tuhost bednění,
- typ a kvalita pláště bednění,
- receptura a technologie výroby ČB,
- uspořádání výztuže,
- ukládání a hutnění ČB,
- ošetřování betonu,
- vliv počasí při betonáži a v době zrání.

Technická zpráva projektové dokumentace říká, že požadavky na povrch pohledového betonu jsou stanoveny dle TP ČBS 03, a že na veškeré betonové konstrukce bude použito bednění třídy TB2, jehož vlastnosti jsou popsány v tabulce 5/3 (obr. 17 a 18). [26]

Tab. 5/3 Třídy bednění a jim odpovídající požadavky na řízené vlastnosti bednění

Řízené vlastnosti bednění	Třídy bednění a jim odpovídající požadavky		
	TB1	TB2	TB3
Základní charakteristika	libovolný druh bednění, např. rámové bednění s nižšími požadavky než TB2	systémové bednění, např. rámové, nosníkové nebo individuální	systémové bednění, např. rámové, nosníkové nebo individuální s vyššími požadavky než TB2
Plášť bednění podle Tab. 5/2	volitelný, obvykle daný systémem bednění	volitelný, obvykle daný systémem bednění	předepsaný specifikacemi
Přípevnění pláště bednění	volitelné, obvykle jsou dány systémem bednění, povoleny jsou vzájemné výškové přesahy sousedních desek do 5 mm	přípevňovací prostředky jsou dány systémem bednění, smějí vyčnívat do 3 mm nad rovinu bednicího pláště, příp. jsou v rovině pláště nebo skryté, povoleny výškové přesahy desek do 3 mm	přípevňovací prostředky dle zadání (např. smějí vyčnívat jen do 2 mm, nebo nesmějí být patrné vůbec), výškové přesahy desek dle zadání (např. jen do 2 mm)
Stav pláště bednění, resp. části bednění na kontaktu s bedněným betonem	co je povoleno: - vícenásobné použití, - škrábance hloubky do 3 mm, šířky do 5 mm, - přesazení desek nad rámy do 2 mm, - jednotlivé vyvrtané otvory \varnothing do 20 mm, - díry po hřebících, - vyspravená místa (přeplátování nebo tmelením)	co je povoleno: - vícenásobné použití, - malý počet škrábanců hloubky do 2 mm a šířky do 2 mm, - přesazení desek nad rámy do 1 mm, - díry po hřebících, - vyspravená místa (přeplátování nebo tmelením), - vyplněné spáry mezi rámy	základní podmínky: - možné je vícenásobné použití, resp. podle zadání, - desky nesmějí vyčnívat nad rámy, - max. počet děr po hřebících podle zadání, - max. počet vyspravených míst podle zadání, - spáry mezi rámy musejí být zaplněné a utěsněné (např. silikonem)
Spoje dílců	nejsou žádné požadavky	požadavky na rovinnost ploch a hran na kontaktu s bedněným betonem jsou dány ČSN P ENV 13670-1	požadavky na rovinnost ploch a hran na kontaktu s bedněným betonem jsou dány ČSN P ENV 13670-1 (hodnoty zpřísněny o 1/3), zvláštní opatření pro těsnost bednění dle zadání (např. pěnová pryž)
Čistota pláště bednění a styčných hran ve spojích bednicích dílců	povoleny jsou zbytky betonu ve formě tenkého, „filmového“ povlaku	nejsou povoleny žádné zbytky betonu, závoj cementového mléka je povolen	nejsou povoleny žádné zbytky betonu
Dovolené přetvoření vlivem tlaku na bednění (podle značky GSV)	je dáno ČSN P ENV 13670-1	je dáno ČSN P ENV 13670-1	je dáno ČSN P ENV 13670-1 (hodnoty zpřísněny o 1/3), nebo jinými kritérii, jejichž splnění je technicky proveditelné
Systém spínání	libovolný	spínací tyče (např. systému Dywidag) jsou průměru min. 15 mm, nebo je použito jiné, rovnocenné provedení	systém spínání podle zadání, spínací tyče (např. systému Dywidag) jsou průměru min. 15 mm

Obr. 17: Tabulka tříd bednění [26]

Tab. 5/3 Třídy bednění a jim odpovídající požadavky na řízené vlastnosti bednění (Dokončení)

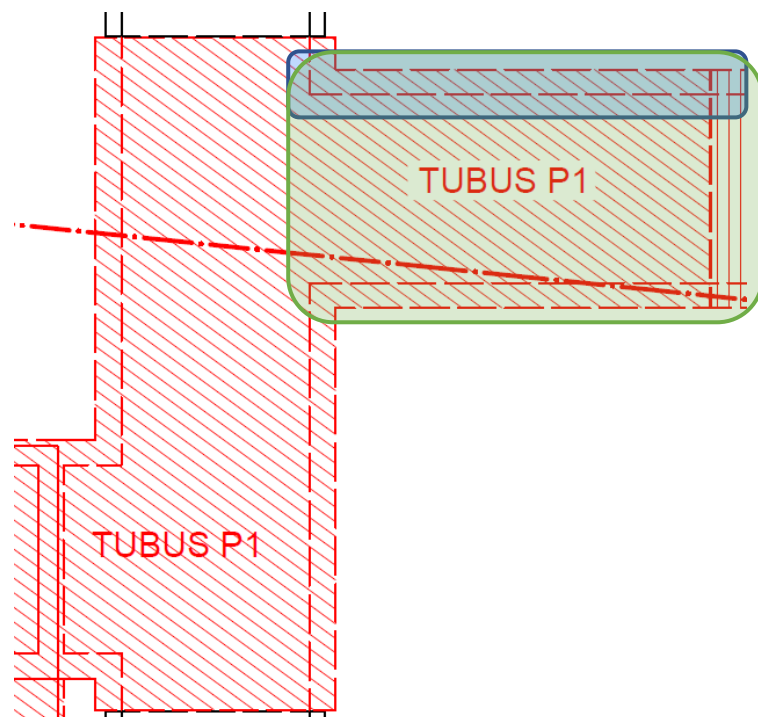
Tvar a úprava otvorů po spínání (vodotěsnost, požární odolnost, odhlučnění)	libovolné	povoleny jsou distanční trubky a kónusy z plastu, povoleno je uzavření otvorů (je-li nutné) cementovou maltou	distanční trubky a kónusy podle zadání, uzavření otvorů podle zadání (např. betonovými kónusy u vodotěsných stěn)
Tvarování hran	libovolné	podle zadání, např. pomocí trojúhelníkových lišt 20/20 mm	podle zadání (např. pomocí trojúhelníkových lišt 20/20 mm); ostré hrany nelze spolehlivě provádět
Členění ploch systémové bednění	libovolné	je povolen otisk rámu daný systémem, uspořádání rámových prvků je volitelné	základní podmínky: - uspořádání spár je buď předepsáno specifikacemi, nebo je dáno systémovými rozměry bednění, - povolen je otisk rámu a ochrany hran daný systémem bednění, - poloha spínacích míst je dána systémem bednění, - zobrazení spár je dáno projektem (výkresem nebo slovní specifikací) – např. „průběžné svislé spáry“
Členění ploch individuálního bednění	reálně nepřipadá v úvahu	podle zadání nebo podle dohodnutých architektonických a technických požadavků	základní podmínky: - uspořádání spár je předepsáno specifikacemi, - poloha spínacích míst je předepsána specifikacemi, jinak volitelná, - zobrazení spár a/nebo spínacích míst je dáno projektem (výkresem nebo slovní specifikací)

Obr. 18: Tabulka tříd bednění (pokračování) [26]

Ve fázi projektování systémového bednění nelze dopředu zcela jistě predikovat výslednou kvalitu provedení betonáže, či vznik vad na povrchu betonové konstrukce, jako jsou např. kaverny v betonu, výrony cementového tmele, krvácení betonu, prokreslení výztuže či odchylky v barevnosti betonu. Ty lze ovlivnit až během betonáže a při ošetřování betonu. Lze však navrhnout polohu vodorovných a svislých spár a děr po spínání zpracováním výkresu spárořezu, z kterého je dobře vidět výsledný otisk bednění na povrchu konstrukce. Samozřejmě výsledný otisk se liší mezi jednotlivými typy systémového bednění i mezi variantami postupu betonáže.

Pro objektivní zhodnocení pohledovosti povrchu betonu byly vykresleny na zvolenou část objektu (obr. 19) spárořezy jednotlivých typů stropních a stěnových systémových bednění, které lze použít pro dílčí varianty postupu betonáže. Vyhodnocení se bude provádět na základě výsledného součtu vodorovných a svislých spar a otvorů po spínání, čím menší hodnota tím lepší. Jedna spára je definována jako čára mezi dvěma průřezíky.

Z hlediska subjektivního zhodnocení navrženého otisku bednění na konstrukci bude přihlíženo k rovnoměrnému rozdělení celkové plochy konstrukce, tedy že dílčí plochy by měly být co nejvíce podobné.



Obr. 19: Zvolená část objektu pro zhodnocení pohledovosti – stěny (modrá oblast), strop (zelená oblast)

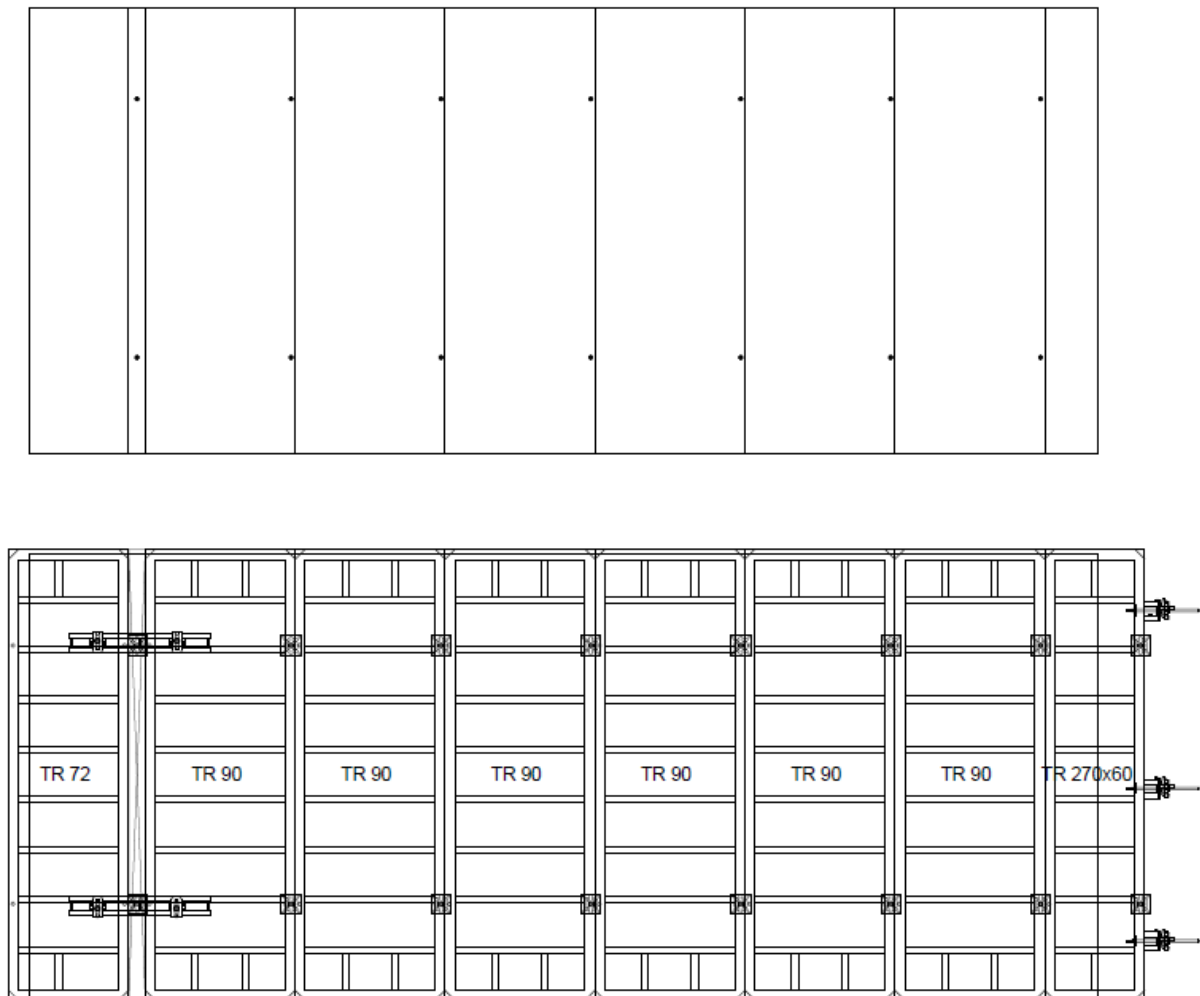
4.2.1 Stěnová bednění

4.2.1.1 Postup betonáže – varianta 1

V této variantě postupu betonáže byly použity pro bednění systémy DUO, DOMINO a TRIO. Všechny tři tyto systémy splňují omezující podmínky pro výběr, a to podmínku ruční manipulace a výšku bednění.

Z výsledných spárořezů je patrné, že co do počtu spár a děr po spínání je nejvýhodnější systém TRIO (obr. 20), který neobsahuje žádné vodorovné spáry a minimum děr po spínání.

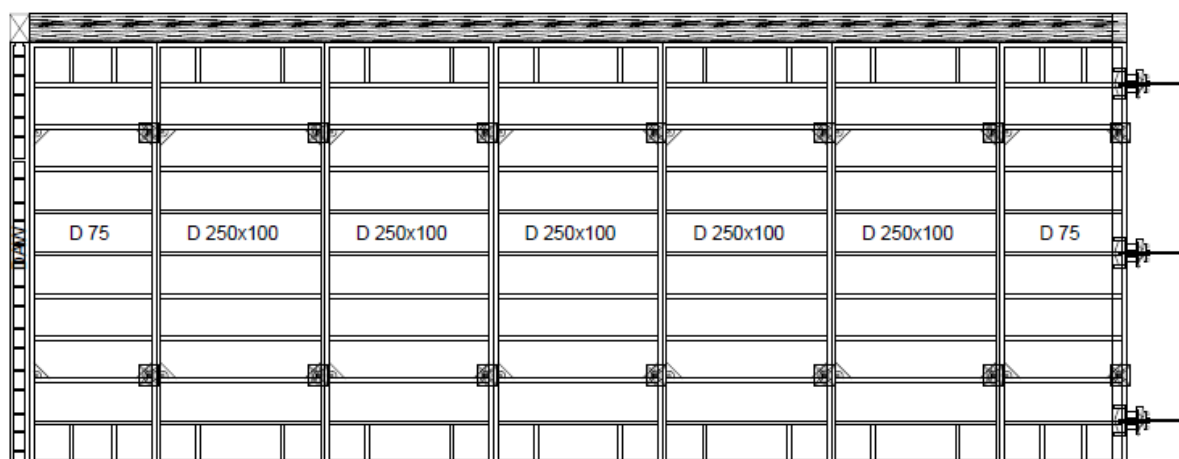
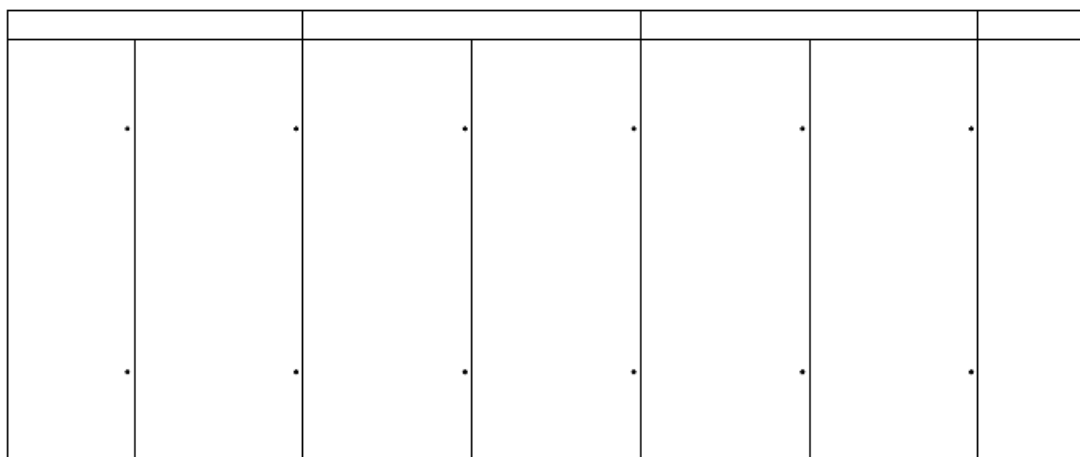
V subjektivním zhodnocení byla tato varianta taktéž vybrána jako nejlepší, a to ze stejného důvodu, že celková plocha je rovnoměrně rozdělená na dílčí plochy bez vodorovného rozdělení.



Obr. 20: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém TRIO, zdroj: vlastní

Na dalším místě co do počtu spár a děr po spínání se umístil systém DOMINO (obr. 21), který sice oproti systému TRIO obsahuje vodorovnou spáru, avšak obsahuje méně děr po rádlování.

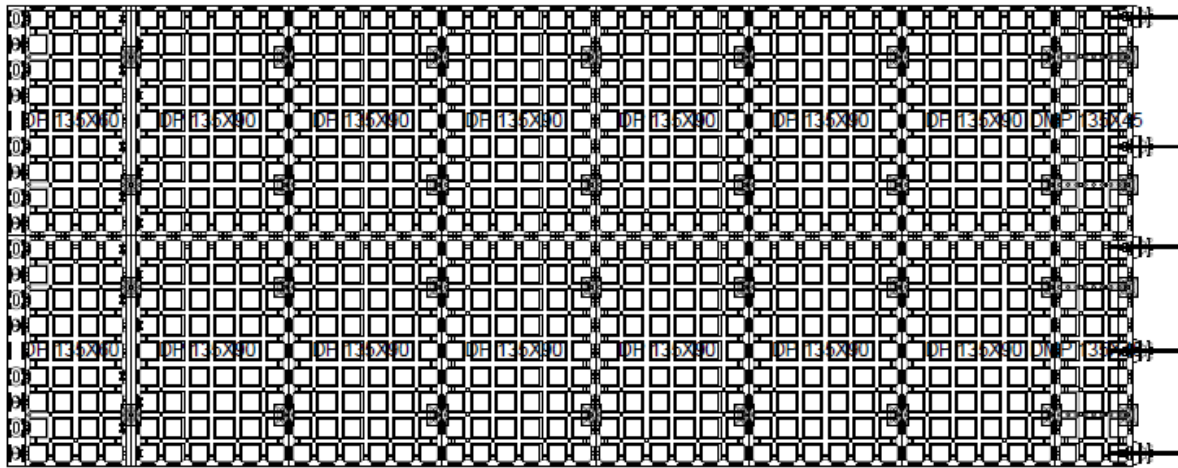
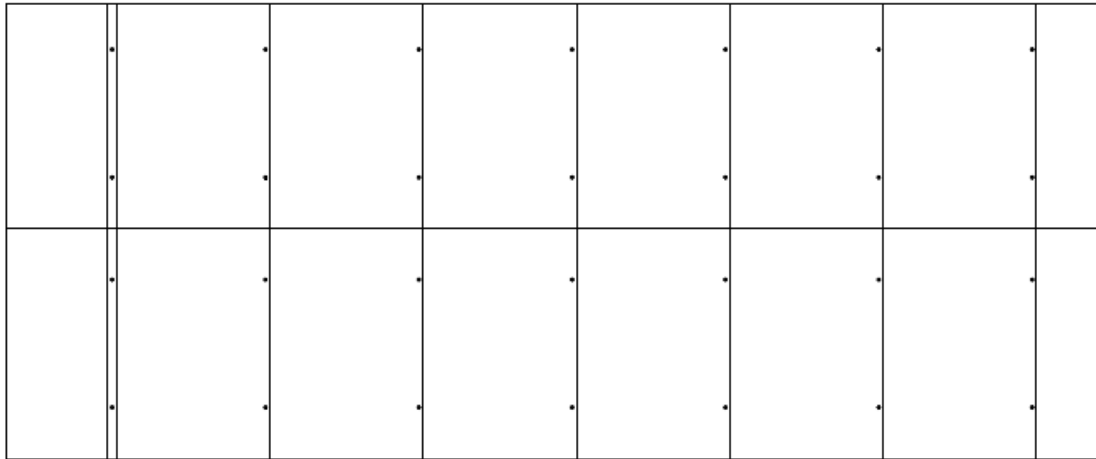
Ze subjektivního pohledu se však tato varianta umístila až na předposledním místě, jelikož zde plocha není rovnoměrně rozdělená na dílčí plochy, kvůli nastavbovému pásu u stropu.



Obr. 21: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DOMINO, zdroj: vlastní

Jako nejhorší dle počtu spár a děr po spínání se s velkým rozdílem umístil systém DUO (obr. 22), který oproti ostatním systémům obsahuje až téměř dvojnásobný počet otvorů po rádlování.

Ze subjektivního hlediska však byla tato varianta zhodnocena jako druhá nejlepší, jelikož je plocha (i přes to, že obsahuje vodorovnou spáru) rozdělena rovnoměrně na dílčí plochy.

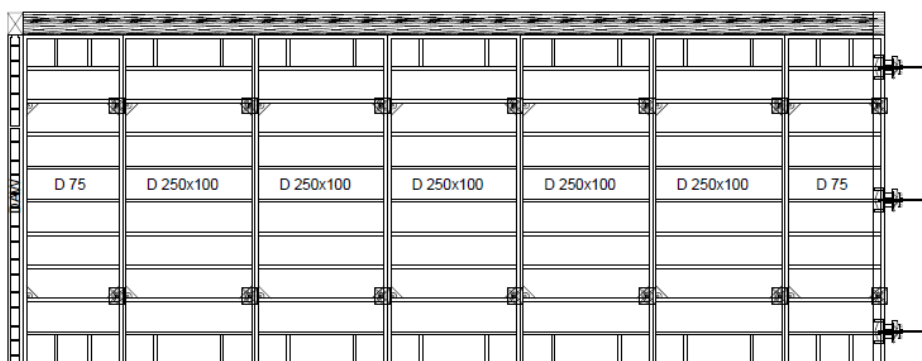
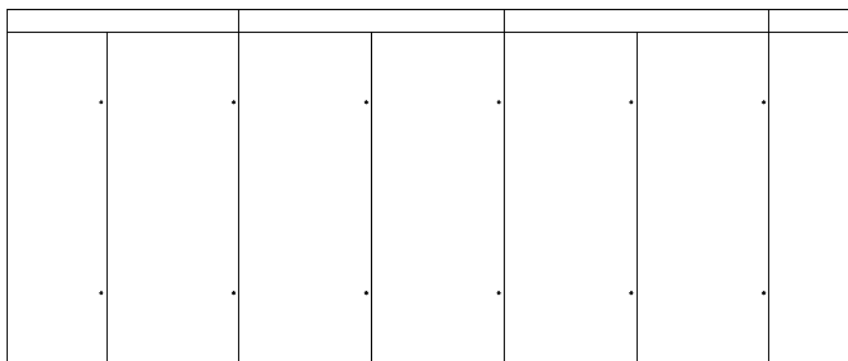


Obr. 22: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DUO, zdroj: vlastní

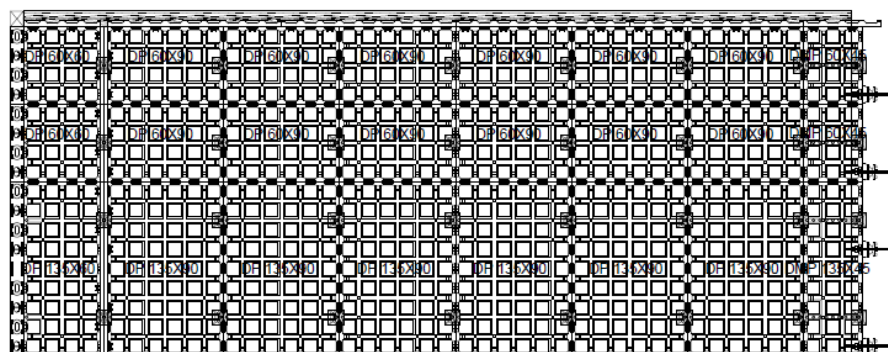
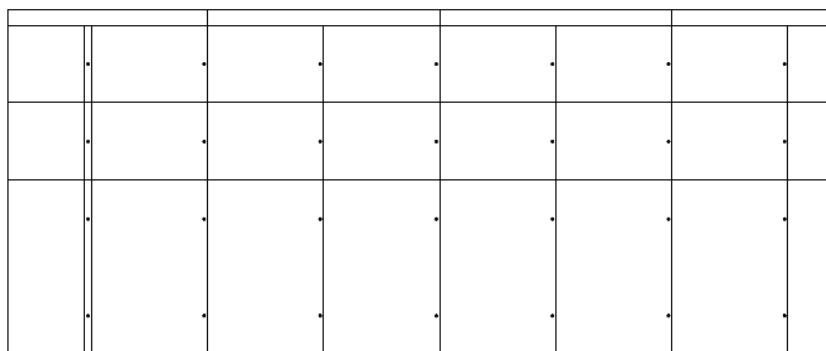
4.2.1.2 Postup betonáže – varianta 2

Při tomto postupu betonáže podmínky dovolily použít pouze systémy DUO nebo DOMINO. TRIO zde nebylo možné použít, jelikož výška panelů je vyšší než světlá výška bedněné konstrukce.

Z hlediska spár a děr po spínání, ale i z hlediska subjektivního zhodnocení, se jako nejlepší variantou jeví systém DOMINO (obr. 23), jelikož u systému DUO (obr. 24), kvůli omezené světlé výšce, musely být použity menší panely, a to způsobilo větší roztržštění celkové plochy. Zvýšil se tím pádem výsledný počet spár a také výsledný počet dílčích ploch, které se svou velikostí nepodobají.



Obr. 23: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DOMINO, zdroj: vlastní



Obr. 24: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DUO, zdroj: vlastní

4.2.2 Stropní bednění

Pro obě varianty postupu betonáže lze navrhnout oba přípustné systémové bednění stropu, které splňují vstupní podmínky, především podmínku únosnosti vycházející z maximální tloušťky stropu. Těmito systémy jsou panelové bednění SKYDECK a nosníkové bednění MULTIFLEX, který můžeme ještě rozdělit na dvě podvarianty podle použitých bednicích desek. Tyto podvarianty jsou označeny jako MULTIFLEX 1, u kterého byla použita nájemní třívrstvá bednicí deska (obr. 25) a MULTIFLEX 2, kde byly použity velkorozměrové prodejní bednicí desky T-Plex (obr. 26.).

Jak je patrné z obrázků v následujících podkapitolách 4.5.2.1 a 4.5.2.2 nejsou ve výsledném otisku mezi oběma variantami postupu betonáže větší rozdíly, tedy alespoň u systému MULTIFLEX. Pouze u systému SKYDECK došlo ke změně rozvržení otisklých spár kvůli odsunutí stropních panelů od stěny z důvodu uvolnění místa pro bednění stěn.

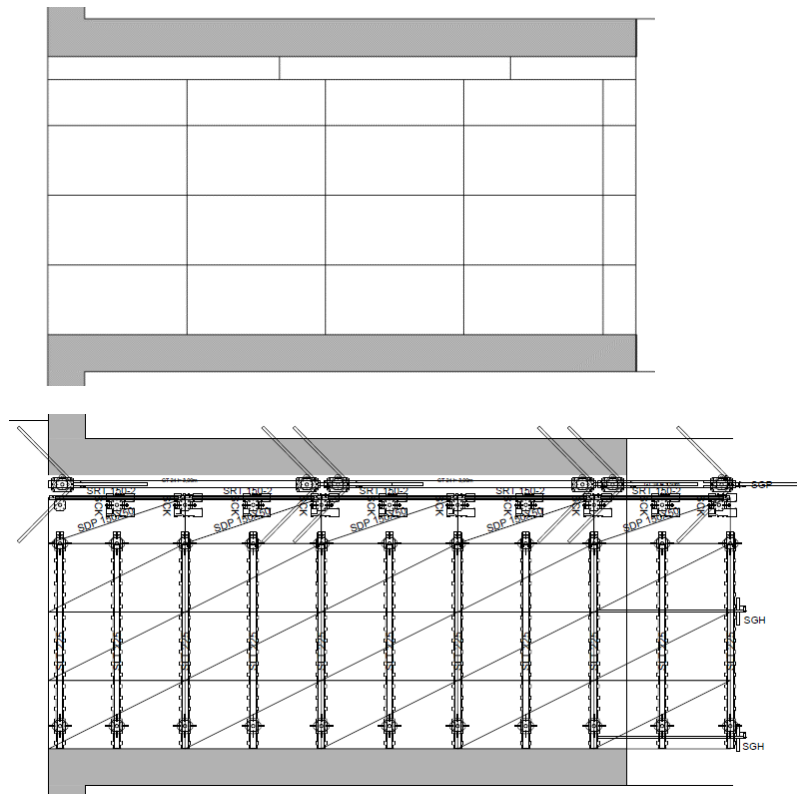
V subjektivním zhodnocení bylo určeno, že z hlediska rovnoměrného rozdělení na dílčí plochy, se jako nejlepší varianta stropního bednění jeví systém MULTIFLEX s použitím třívrstvé bednicí desky. Na další pozici byl vybrán taktéž systém MULTIFLEX, ale tentokrát s bednicími deskami T-Plex. Jejich výhodou je ta, že díky své velké ploše rozdělí celkovou plochu stropu na větší dílčí úseky, ale nedokážou ji rozdělit zcela rovnoměrně. Jako nejhorší z hlediska výsledného otisku byl zvolen systém SKYDECK, který kvůli dořezům nemůže svým otiskem rovnoměrně rozdělit plochu stropu na dílčí plochy.

Obr. 25: Třívrstvá bednicí deska [27]

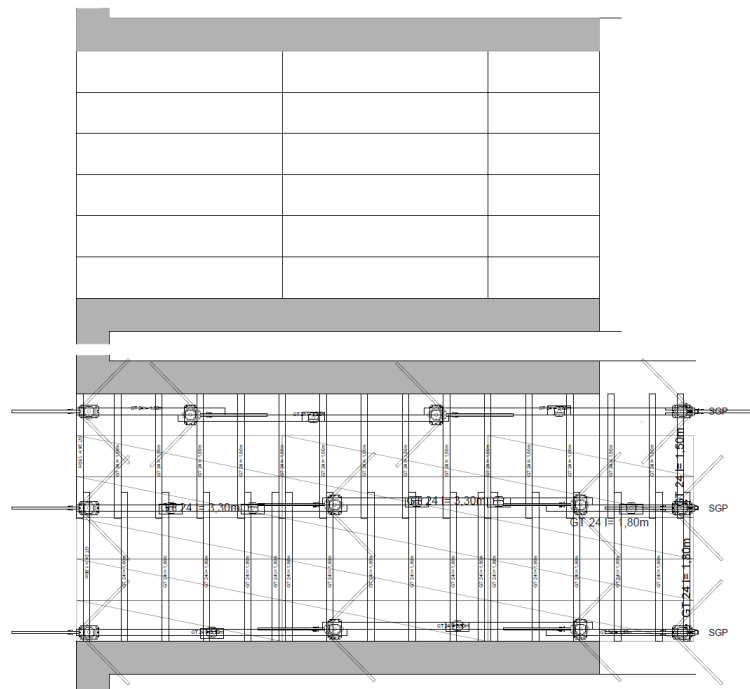


Obr. 26: Bednicí deska T-Plex [28]

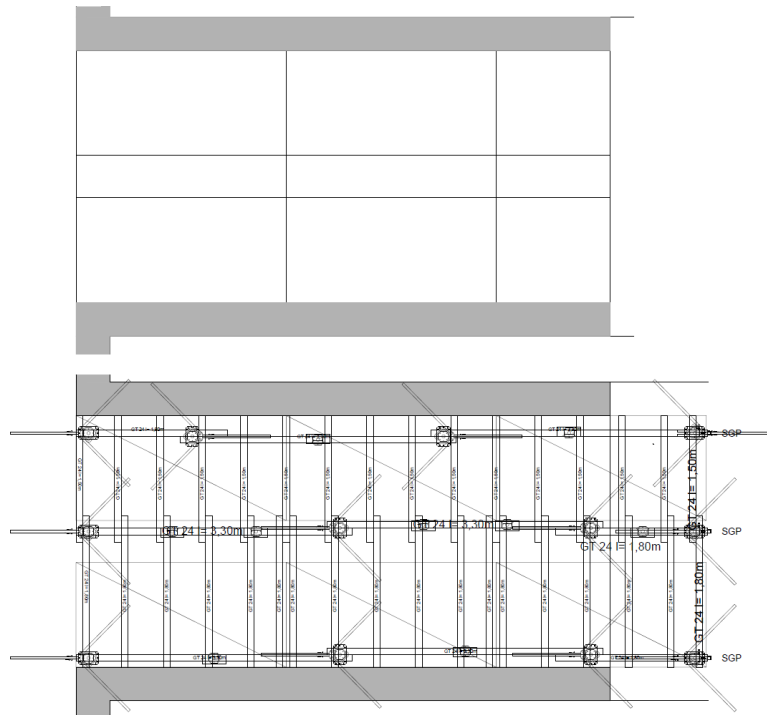
4.2.2.1 Postup betonáže – varianta 1



Obr. 27: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém SKYDECK, zdroj: vlastní

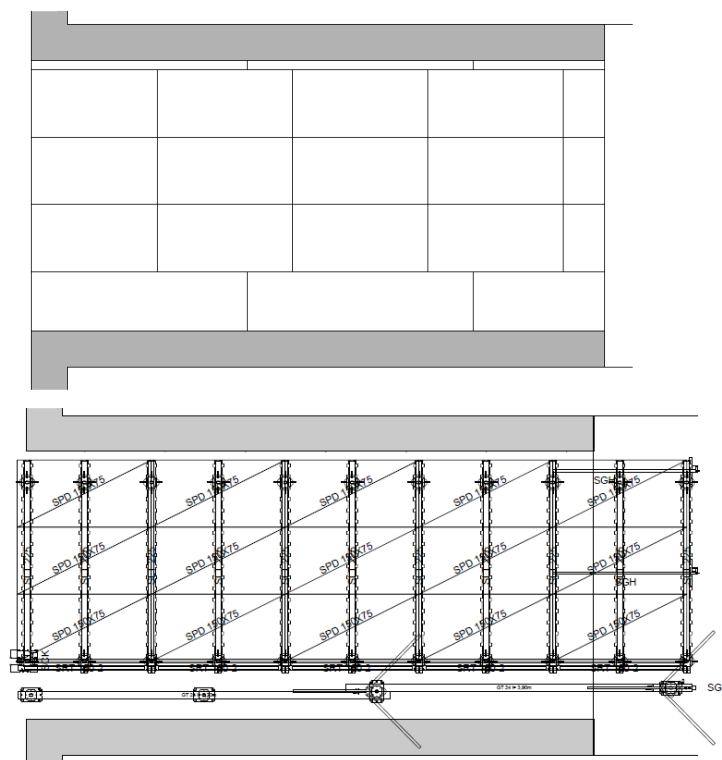


Obr. 28: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém MULTIFLEX 1, zdroj: vlastní

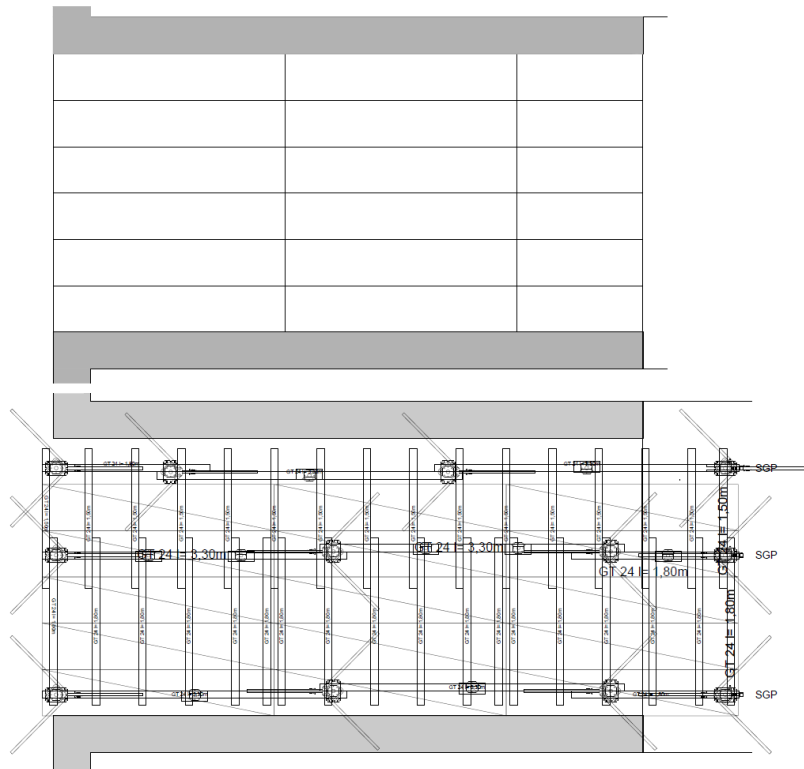


Obr. 29: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém MULTIFLEX 2,
zdroj: vlastní

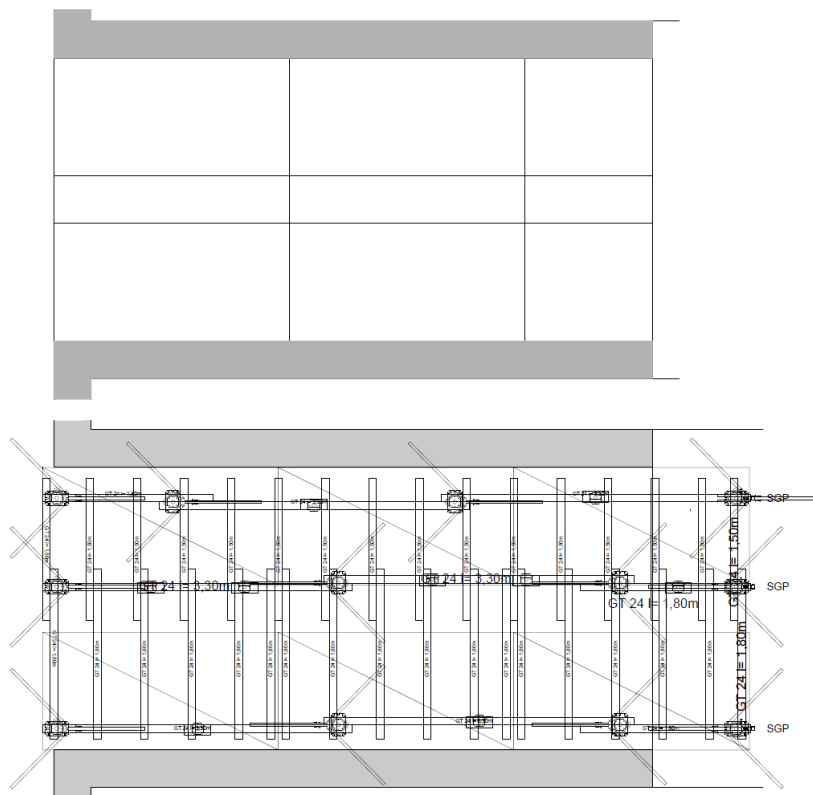
4.2.2.2 Postup betonáže – varianta 2



Obr. 30: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém SKYDECK, zdroj:
vlastní



Obr. 31: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém MULTIFLEX 1,
zdroj: vlastní



Obr. 32: Spárořez (nahore) a výkres sestavy bedněni (dole) – systém MULTIFLEX 2,
zdroj: vlastní

4.2.3 Zhodnocení pohledovosti stěnových a stropních bednění

Výsledky hodnocení pohledovosti z hlediska celkového součtu děr po spínání a spár mezi panely jsou vypsané v následující tabulce. Z ní je patrné, že nejpříznivější kombinace bednění pro první variantu postupu betonáže je kombinace systémů TRIO a MULTIFLEX s použitím velkorozměrových bednicích desek pro stropní bednění a pro druhou variantu postupu betonáže je to systém DOMINO se systémem MULTIFLEX, taktéž za použití velkorozměrových bednicích desek pro stropní bednění. Jako nejhorší kombinace se u obou variant postupu betonáže ukázala kombinace systémů DUO a SKYDECK. Pořadí podle subjektivního hodnocení bylo sestaveno podle osobní preference autora diplomové práce.

Pro zkombinování obou způsobů hodnocení bylo stanoveno, že každá varianta bude bodově ohodnocena podle umístění, kde se pořadí rovná počtu bodů a tyto body se následně sečtou. Varianta s nejnižším počtem bodů bude vyhodnocena jako nejlepší.

Do celkového zhodnocení bude z podvariant systému MULTIFLEX vybrána ta s nižším počtem bodů.

Tab. 3: Výsledky hodnocení pohledovosti stěnového bednění, zdroj: vlastní

Postup betonáže	Kombinace systémů bednění	Počet spár a děr po spínání	Pořadí dle součtu spár a děr po spínání	Pořadí subjektivního zhodnocení pohledovosti	Body	Celkové pořadí
Varianta 1	TRIO a SKYDECK	62	5.	7.	12	7.
	TRIO a MULTIFLEX 1	49	3.	1.	4	2.
	TRIO a MULTIFLEX 2	34	1.	2.	3	1.
	DOMINO a SKYDECK	69	7.	9.	16	8.
	DOMINO a MULTIFLEX 1	56	4.	5.	9	4.
	DOMINO a MULTIFLEX 2	41	2.	6.	8	3.
	DUO a SKYDECK	93	9.	8.	17	9.
	DUO a MULTIFLEX 1	90	8.	3.	11	6.
	DUO a MULTIFLEX 2	65	6.	4.	10	5.
Varianta 2	DOMINO a SKYDECK	69	7.	9.	16	8.
	DOMINO a MULTIFLEX 1	56	4.	5.	9	4.
	DOMINO a MULTIFLEX 2	41	2.	6.	8	3.
	DUO a SKYDECK	122	12.	12.	24	11.
	DUO a MULTIFLEX 1	109	11.	10.	21	10.
	DUO a MULTIFLEX 2	94	10.	11.	21	10.

4.3 Únosnost bednění a rychlost betonáže

Jednotlivé systémové stěnové, či stropní bednění se mezi sebou liší podle maximálního dovoleného zatížení (neboli únosnosti), které na bednění působí čerstvý beton během betonáže, a jež je daná výrobcem. Únosnosti zvolených systémů jsou stanoveny podle německé technické normy DIN 18218:2021-01, která je předlohou pro českou technickou normu ČSN 73 0042. Velkou roli ve výsledné únosnosti bednění hraje typ konstrukce bednění a materiál, z kterého je vyrobeno.

Aby se dosáhlo maximální únosnosti bednění je potřeba znát dílčí faktory, které mají vliv na zatížení od vodorovného tlaku čerstvého betonu. Mezi hlavní faktory patří:

- doba tuhnutí,
- teplota čerstvého betonu,
- vnější teplota,
- objemová tíha čerstvého betonu,
- třída konzistence,
- rychlost ukládání čerstvého betonu v m/h.

Kde rychlost ukládání čerstvého betonu je stěžejní hodnota, jelikož od ní lze vypočítat celkovou dobu betonáže. Ostatní faktory jsou součinitele, které ovlivňují výslednou rychlost ukládání. Jak se vypočítá tato hodnota lze zjistit z české normy ČSN 73 0042, buď početně pomocí tabulky 1 (obr. 33), anebo graficky pomocí grafů pro stanovení tlaku čerstvého betonu, lišících se od sebe dobou ztuhnutí t_E . Další možností, jak stanovit rychlost ukládání čerstvého betonu, je pomocí početní aplikace na webových stránkách firmy PERI. [29; 30]

Tabulka 1 – Charakteristické hodnoty maximálního vodorovného tlaku čerstvého betonu (beton se ukládá proti směru výstavby)

Pol.	Třída konzistence	Maximální vodorovný tlak čerstvého betonu, při směru ukládání proti směru výstavby (shora dolů)
		$\sigma_{tk, max}$ kN/m ²
1	F1	$(5 \cdot v + 21) \cdot Kf \geq 25$
2	F2	$(10 \cdot v + 19) \cdot Kf \geq 25$
3	F3	$(14 \cdot v + 18) \cdot Kf \geq 25$
4	F4	$(17 \cdot v + 17) \cdot Kf \geq 25$
5	F5	$25 + 30 \cdot v \cdot Kf \geq 30$
6	F6	$25 + 38 \cdot v \cdot Kf \geq 30$
7	SCC	$25 + 33 \cdot v \cdot Kf \geq 30$
kde		
v je rychlost ukládání betonu v m/h,		
Kf je součinitel pro uvážení chování betonu během tuhnutí podle tabulky 2.		

Obr. 33: Hodnoty maximálního vodorovného tlaku čerstvého betonu [30]

Když porovnáme uváděné únosnosti jednotlivých systémů stěnových bednění, tak nejlépe vychází systém TRIO, který má únosnost až 80 kN/m². Další v pořadí je pak systém DOMINO s maximální únosností 60 kN/m² a jako nejhorší se umístil systém DUO s únosností 50 kN/m².

Rychlost ukládání čerstvého betonu pro jednotlivé únosnosti byla stanovena pomocí webové aplikace firmy PERI, kde byly ponechány okrajové podmínky (konzistence čerstvého betonu a teploty) a pouze se měnila výška stěny a maximální únosnost bednění. Zjištěné rychlosti ukládání čerstvého betonu jsou vypsány v tabulce 4. Tyto informace lze však považovat pouze jako doplňující a nelze je použít do výpočtu celkové doby trvání betonáže. Tento spočtený čas by totiž neodpovídal realitě, protože nepočítá s dalšími faktory, které prodlužují celkovou dobu betonáže.

U stropních systémů nelze jednoznačně stanovit maximální únosnost v kN/m², ale můžeme únosnost bednicího systému zkontrolovat podle maximální dovolené tloušťky stropní desky, které jsou uvedeny v návodech pro montáž jednotlivých systémů. U systému SKYDECK je maximální dovolená tloušťka 95 cm a u systému MULTIFLEX 100 cm, a tudíž oba systémy lze použít pro danou konstrukci, jelikož maximální tloušťka stropní konstrukce řešeného objektu je 45 cm. [21; 23]

Tab. 4: Rychlost ukládání ČB, zdroj: vlastní

TLAK ČERSTVÉHO BETONU	MAX. RYCHLOST UKLÁDÁNÍ ČB
30 kN/m ²	0,9 m/h
50 kN/m ²	2,36 m/h
60 kN/m ²	3,08 m/h
80 kN/m ²	4,54 m/h

Tab. 5: Únosnosti bednicích systémů, zdroj: vlastní

Postup betonáže	Kombinace systémů bednění	Únosnost stěnového bednění [kN/m²]	Únosnost stropního bednění
Varianta 1	TRIO a SKYDECK	80	Vyhovuje
	TRIO a MULTIFLEX	80	Vyhovuje
	DOMINO a SKYDECK	60	Vyhovuje
	DOMINO a MULTIFLEX	60	Vyhovuje
	DUO a SKYDECK	50	Vyhovuje
	DUO a MULTIFLEX	50	Vyhovuje
Varianta 2	DOMINO a SKYDECK	60	Vyhovuje
	DOMINO a MULTIFLEX	60	Vyhovuje
	DUO a SKYDECK	50	Vyhovuje
	DUO a MULTIFLEX	50	Vyhovuje

4.4 Výpočet doby trvání stavebních procesů

Výpočet jednotlivých stavebních procesů, jako je bednění, armování, betonáž a odbednění byl zhotoven pro jednotlivé záběry obou variant postupu betonáže. Tento faktor je potřebný ke stanovení počtu dní, po kterých je bednění pronajímáno a také pro určení nákladů za mzdy pracovníků. Jedna směna byla stanovena jako 8 hodin za den.

Postup výpočtu doby trvání jednotlivých procesů probíhá tak, že se vynásobí množství práce s jednotkovou pracností, čímž se získá celková pracnost. Jednotkové pracnosti pro jednotlivé typy bednicích systémů byly stanoveny podle tabulek pracností od firmy PERI a hodnoty pracností pro armování byly převzaty z tabulkových hodnot z učebnice Realizácia beónových konštrukcií. [31] V dalším kroku se celková pracnost vydělí časovým fondem pracovní čety, čímž se získá doba trvání daného procesu.

Tabulka doby trvání dílčích procesů jednotlivých záběrů se nachází v příloze 1. Jednotlivé varianty postupu betonáže jsou zde označeny jako var.1 pro postup betonáže s osmi záběry a var.2 pro postup betonáže se sedmi záběry.

4.5 Harmonogram prací

Harmonogram prací pro varianty použitých bednění byl sestaven pomocí dob trvání jednotlivých stavebních procesů z předešlé kapitoly 4.7. Z harmonogramu je patrné, že z hlediska celkové doby trvání je nejvýhodnější kombinace systémů DUO a MULTIFLEX a DUO a SKYDECK, u nichž se současně betonují stěny a strop podchodu. U obou je celková doba trvání stavebních procesů 70 dní. Naopak jako nejhorší kombinace z hlediska celkové doby trvání stavebních procesů je s 83 dny kombinace bednění DOMINO a MULTIFLEX ve variantě, kdy jsou stěny a strop podchodu betonovány odděleně.

Výztuž stěn a stropních konstrukcí se u jednotlivých kombinací bednění nemění. Ve všech případech je hmotnost a uspořádání stejné, pouze u horní části tubusu (podchodu pro chodce) se doba trvání liší podle toho, jestli je tato část betonována současně či odděleně.

Doba trvání betonáže je u všech záběrů stejná a vejde se do jednoho pracovního dne. Toto platí i u záběrů s největším množstvím ukládaného čerstvého betonu, kde je betonováno až 81,66 m³ betonu, jelikož bylo dodavatelem stavby potvrzeno, že je schopen za jednu směnu požadované množství čerstvého betonu zpracovat.

Odbedňování stavebních konstrukcí trvá ve všech záběrech a všech kombinací bednění jeden pracovní den.

V tabulce níže jsou uvedeny celkové doby trvání stavebních procesů pro jednotlivé kombinace bednění seřazené sestupně od nejnižší hodnoty po nejvyšší. Podrobný harmonogram prací, kde jsou znázorněny doby trvání jednotlivých procesů a záběrů, se nachází v příloze 2.

Tab. 6: Celkové doby trvání stavebních procesů, zdroj: vlastní

KOMBINACE BEDNĚNÍ	CELKOVÁ DOBA TRVÁNÍ
DUO a MULTIFLEX var.2	68 dní
DUO a SKYDECK var.2	68 dní
DOMINO a MULTIFLEX var.2	74 dní
DOMINO a SKYDECK var.2	74 dní
DUO a SKYDECK var.1	76 dní
DUO a MULTIFLEX var.1	77 dní
TRIO a SKYDECK	81 dní
TRIO a MULTIFLEX	82 dní
DOMINO a SKYDECK var.1	82 dní
DOMINO a MULTIFLEX var.1	83 dní

4.6 Náklady

Porovnání nákladů jednotlivých variant bednění bylo provedeno sestavením individuálních kalkulací, které se zaměřují pouze na zřízení a odbednění stěnových a stropních bednění všech záběrů zvolené části stavebního objektu (tubusu P1). Porovnávaná hodnota je jednotková cena vztažená na jeden m².

V kalkulacích není zahrnutá samotná konstrukce objektu, tedy náklady spojené s armováním a betonáží.

4.6.1 Přímé náklady

Přímé náklady se skládají z nákladů na přímý materiál, přímé mzdy a ostatní přímé náklady.

4.6.1.1 Přímý materiál – hmoty

Náklady za materiál, tedy náklady spojené se samotným bedněním, byly stanoveny z tržních cen materiálů. Náklady za materiál poskytovaný firmou PERI je spočítán v příloze 6, zde jsou vypsány maximální seznamy materiálů pro všechny záběry jednotlivých variant pro tubus P1, a to jak materiálů prodejných, tak i materiálů nájemných. Dílčí seznamy materiálů vychází z výkresů sestav bednění, které jsou součástí přílohy 7. Pro zjištění nákladů za

nájemní materiál byl vytvořen harmonogram prací na základě normohodin a počtu pracovníků, kde jedna četa se skládá ze šesti osob. Tímto harmonogramem byl stanoven počet dní, za které se zaplatí pronájem bednění.

Náklady za ostatní materiál, jako je cena řeziva a spojovacích materiálů, byly stanoveny po konzultaci s dodavatelem stavby.

4.6.1.2 Přímé mzdy

Přímé mzdy za pracovníky byly spočteny pouze za dny, během kterých probíhá montáž a demontáž bednění. Hodinová sazba mzdy za pracovníka byla stanovena na 300 Kč/hod, tato hodnota byla stanovena po konzultaci s dodavatelem stavby.

4.6.1.3 Ostatní přímé náklady

V ostatních přímých nákladech byly zahrnuty stroje, které je potřeba pro manipulaci s bedněním, v tomto případě autojeřáb. Výše denních nákladů za autojeřáb byla stanovena po konzultaci s dodavatelem stavby. Náklady za autojeřáb vychází z celkového počtu dní, kdy je autojeřáb na staveništi potřeba, tedy při montáži a demontáži bednění a u armování.

Další náklady zahrnuté v ostatních přímých nákladech jsou odvody z mezd, které činí 34 % z přímých mezd. [32]

4.6.2 Nepřímé náklady

Nepřímé náklady jsou ostatní náklady, které nelze s určitostí stanovit jako tomu je u přímých nákladů. Jsou tvořeny zejména režijními náklady, které souvisí s náklady na organizaci, řízení výroby, či organizací a řízení celé firmy. [32]

4.6.2.1 Režie výrobní

Výrobní režie byla stanovena jako 48 % z přímých zpracovacích nákladů. [32]

4.6.2.2 Režie správní

Správní režie byla stanovena jako 22 % ze součtu přímých zpracovacích nákladů a výrobní režie. [32]

4.6.2.3 Zisk

Zisk byl stanoven jako 2,5 % ze součtu přímých mezd, ostatních přímých nákladů a správní a výrobní režie. [32]

Tab. 7: Individuální kalkulace – TRIO a MULTIFLEX, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 – PERI - TRIO a MULTIFLEX					Celková bedněná plocha [m ²]
					823,83
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	3,51	3510,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		146,875		61775,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		5,886		52389,21
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		147,464	1,2	176,96
Ostatní prodejní díly bednění	ks				6138,00
Pronájem bednění	den		82	16639,28	1364420,63
Celkem materiál					1494193,80
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		14	1800	25200,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					36000,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		46	9300	427800,00
Odvody z mezd	%		34		12240,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					440040,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1970233,80
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					476040,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	476040,00	228499,20
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					704539,20
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					2198733,00
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	704539,20	154998,62
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					2353731,62
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					859537,82
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	859537,82	21488,45
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					404986,27
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					2375220,07
CENA jednotková	Kč/m ²				2883,14

Tab. 8: Individuální kalkulace – TRIO a SKYDECK, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - TRIO a SKYDECK					Celková bedněná plocha [m ²]
					825,17
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	3,51	3510,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		131,25		53025,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		5,94		52888,34
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		131,844	1,2	158,21
Ostatní prodejní díly bednění	ks				6138,00
Pronájem bednění	den		81	18227,07	1476392,67
Celkem materiál					1597896,22
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		13	1800	23400,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					34200,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		45	9300	418500,00
Odvozy z mezd	%		34		11628,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					430128,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					2062224,22
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					464328,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	464328,00	222877,44
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					687205,44
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					2285101,66
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	687205,44	151185,20
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					2436286,86
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					838390,64
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	838390,64	20959,77
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					395022,40
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					2457246,63
CENA jednotková	Kč/m ²				2977,87

Tab. 9: Individuální kalkulace – DOMINO a MULTIFLEX var.1, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DOMINO a MULTIFLEX var.1					Celková bedněná plocha [m ²]
					821,13
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	1,87	1870,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		150,0		63000,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		6,996		62219,38
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		150,700	1,2	180,84
Ostatní prodejní díly bednění	ks				7987,00
Pronájem bednění	den		83	10880,23	903059,09
Celkem materiál					1044100,31
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		14	1800	25200,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					36000,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		46	9300	427800,00
Odvody z mezd	%		34		12240,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					440040,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1520140,31
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					476040,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	476040,00	228499,20
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					704539,20
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1748639,51
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	704539,20	154998,62
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1903638,13
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					859537,82
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	859537,82	21488,45
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					404986,27
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1925126,58
CENA jednotková	Kč/m ²				2344,48

Tab. 10: Individuální kalkulace – DOMINO a SKYDECK var.1, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DOMINO a SKYDECK var.1					Celková bedněná plocha [m2]
					821,93
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	1,87	1870,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		134,375		54250,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		7,024		62497,01
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		135,077	1,2	162,09
Ostatní prodejní díly bednění	ks				10099,00
Pronájem bednění	den		82	11565,43	948364,85
Celkem materiál					1083026,95
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		13	1800	23400,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					34200,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		45	9300	418500,00
Odvody z mezd	%		34		11628,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					430128,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1547354,95
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					464328,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	464328,00	222877,44
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					687205,44
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1770232,39
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	687205,44	151185,20
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1921417,59
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					838390,64
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	838390,64	20959,77
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					395022,40
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1942377,36
CENA jednotková	Kč/m ²				2363,19

Tab. 11: Individuální kalkulace – DOMINO a MULTIFLEX var.2, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DOMINO a MULTIFLEX var.2					Celková bedněná plocha [m2]
					813,74
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	1,87	1870,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		156,3		65450,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		9,126		81091,18
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		157,163	1,2	188,60
Ostatní prodejní díly bednění	ks				8362,00
Pronájem bednění	den		74	11599,99	858399,26
Celkem materiál					1021145,04
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		13	1800	23400,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		5	1800	9000,00
Celkem mzdy					32400,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		44	9300	409200,00
Odvody z mezd	%		34		11016,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					420216,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1473761,04
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					452616,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	452616,00	217255,68
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					669871,68
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1691016,72
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	669871,68	147371,77
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1838388,48
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					817243,45
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	817243,45	20431,09
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					385058,54
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1858819,57
CENA jednotková	Kč/m2				2284,29

Tab. 12: Individuální kalkulace – DOMINO a SKYDECK var.2, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DOMINO a SKYDECK var.2					Celková bedněná plocha [m2]
					814,23
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	15	117,6	1764,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1000	1,87	1870,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		153,125		63700,00
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		9,17		81497,77
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		154,042	1,2	184,85
Ostatní prodejní díly bednění	ks				8362,00
Pronájem bednění	den		74	12860,67	951689,58
Celkem materiál					1113088,20
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		13	1800	23400,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		5	1800	9000,00
Celkem mzdy					32400,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		44	9300	409200,00
Odvody z mezd	%		34		11016,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					420216,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1565704,20
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					452616,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	452616,00	217255,68
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					669871,68
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1782959,88
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	669871,68	147371,77
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1930331,65
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					817243,45
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	817243,45	20431,09
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					385058,54
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1950762,73
CENA jednotková	Kč/m2				2395,84

Tab. 13: Individuální kalkulace – DUO a MULTIFLEX var.1, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DUO a MULTIFLEX var.1					Celková bedněná plocha [m2]
					854,44
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HNOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	10	117,6	1176,00
Prostředek odbedňovací PERI Plasto Clean	litr	0,011	10	135,2	1352,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1250	1,31	1637,50
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		171,9		84053,13
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		5,453		48531,08
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		172,420	1,2	206,90
Ostatní prodejní díly bednění	ks				10642,00
Pronájem bednění	den		77	7380,76	568318,60
Celkem materiál					719937,21
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		10	1800	18000,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					28800,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		42	9300	390600,00
Odvody z mezd	%		34		9792,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					400392,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1149129,21
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					429192,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	429192,00	206012,16
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					635204,16
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1355141,37
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	635204,16	139744,92
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1494886,29
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					774949,08
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	774949,08	19373,73
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					365130,80
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1514260,01
CENA jednotková	Kč/m ²				1772,23

Tab. 14: Individuální kalkulace – DUO a SKYDECK var.1, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DUO a SKYDECK var.1					Celková bedněná plocha [m ²]
					850,92
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	10	117,6	1176,00
Prostředek odbedňovací PERI Plasto Clean	litr	0,011	10	135,2	1352,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1250	1,31	1637,50
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		153,1		73553,13
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		5,507		49030,21
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		153,676	1,2	184,41
Ostatní prodejní díly bednění	ks				10642,00
Pronájem bednění	den		76	8885,21	675276,04
Celkem materiál					816871,29
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		9	1800	16200,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		6	1800	10800,00
Celkem mzdy					27000,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		41	9300	381300,00
Odvody z mezd	%		34		9180,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					390480,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1234351,29
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					417480,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	417480,00	200390,40
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					617870,40
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1434741,69
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	617870,40	135931,49
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1570673,17
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					753801,89
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	753801,89	18845,05
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					355166,94
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1589518,22
CENA jednotková	Kč/m ²				1868,00

Tab. 15: Individuální kalkulace – DUO a MULTIFLEX var.2, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DUO a MULTIFLEX var.2					Celková bedněná plocha [m2]
					854,65
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	10	117,6	1176,00
Prostředek odbedňovací PERI Plasto Clean	litr	0,011	10	135,2	1352,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1500	1,31	1965,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		200,0		106946,88
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		6,659		59216,24
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		200,666	1,2	240,80
Ostatní prodejní díly bednění	ks				10642,00
Pronájem bednění	den		68	7324,85	498089,53
Celkem materiál					683648,45
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		9	1800	16200,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		5	1800	9000,00
Celkem mzdy					25200,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		40	9300	372000,00
Odvody z mezd	%		34		8568,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					380568,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1089416,45
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					405768,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	405768,00	194768,64
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					600536,64
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1284185,09
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	600536,64	132118,06
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1416303,15
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					732654,70
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	732654,70	18316,37
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					345203,07
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1434619,52
CENA jednotková	Kč/m ²				1678,60

Tab. 16: Individuální kalkulace – DUO a SKYDECK var.2, zdroj: vlastní

Zřízení bednění a odbednění stěn vč. zřízení bednění a odbednění stropů tubusu P1 - PERI - DUO a SKYDECK var.2					Celková bedněná plocha [m ²]
					847,56
Popis:	M.J.	Spotř. na 1 m ²	Celková spotřeba	Jedn. cena [Kč/M.J.]	Celkem [Kč]
PŘÍMÉ NÁKLADY					
PŘÍMÝ MATERIÁL - HMOTY:					
Bednění					
Prostředek odbedňovací PERI Clean	litr	0,011	10	117,6	1176,00
Prostředek odbedňovací PERI Plasto Clean	litr	0,011	10	135,2	1352,00
Materiál pro spínání (dis. trubky, konusy, zátky)	ks		2100		4020,00
Zátky do panelů	ks		1500	1,31	1965,00
Bednicí desky (viz "materiál - řezivo")	m ²		190,6		101696,88
Řezivo - různé druhy (viz "materiál - řezivo")	m ³		6,713		59715,37
Spojovací materiál (hřebíky, vruty, apod.)	m ²		191,296	1,2	229,56
Ostatní prodejní díly bednění	ks				10642,00
Pronájem bednění	den		68	9018,46	613255,28
Celkem materiál					794052,09
PŘÍMÉ MZDY:					
Pracovníci pro bednění (6 osob)	den		9	1800	16200,00
Pracovníci pro odbednění (6 osob)	den		5	1800	9000,00
Celkem mzdy					25200,00
OSTATNÍ PŘÍMÉ NÁKLADY:					
Stroje:					
Autojeřáb	den		40	9300	372000,00
Odvody z mezd	%		34		8568,00
CELKEM ostatní přímé náklady:					380568,00
CELKEM PŘÍMÉ NÁKLADY: (PN)					1199820,09
CELKEM PŘÍMÉ ZPRACOVACÍ NÁKLADY: (PZN)					405768,00
NEPŘÍMÉ NÁKLADY:					
VÝROBNÍ REŽIE: RV = % z PZN	%		48	405768,00	194768,64
ZPRACOVACÍ NÁKLADY VÝROBY (ZNV)=PZN+RV					600536,64
VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY (VNV)=PN+RV					1394588,73
SPRÁVNÍ REŽIE: RS = % z PZN+RV	%		22	600536,64	132118,06
ÚPLNÉ VLASTNÍ NÁKLADY (ÚVN)=PN+RV+RS					1526706,79
ZPRACOVACÍ NÁKLADY (ZN)=PZN+RV+RS					732654,70
ZISK: Z = % z PZN+RV+RS	%		2,5	732654,70	18316,37
CELKEM NEPŘÍMÉ NÁKLADY					345203,07
CENA VÝPOČTOVÁ: CV = PN + RV + RS + Z					1545023,15
CENA jednotková	Kč/m ²				1822,91

4.6.3 Vyhodnocení z hlediska nákladů

Vyhodnocení probíhá porovnáním jednotkové ceny za m² z celkové obedňované plochy. Z výsledků je patrné, že mezi nejlevnější kombinace bednění patří ty, u kterých se použil stěnový systém DUO. To je způsobeno nízkými náklady na výrobu příslušenství tohoto bednění, jelikož tento systém je vyroben z levných vstupních surovin, v tomto případě z plastu. Dále je to také způsobeno menšími náklady za mzdy, způsobené rychlejší montáží bednění, jelikož pracnost s tímto bedněním je velice nízká.

Z cenového hlediska nejhůře dopadly kombinace bednění, u kterých bylo použito těžké stěnové bednění TRIO, kde jednotková cena za m² je oproti variantám se systémem DUO přibližně o 40 % větší a oproti variantám se systémem DOMINO o cca 20 %. Rozdíly jsou taktéž i mezi použitým stropním bedněním, kde ve všech variantách je při použití systému SKYDECK jednotková cena větší oproti variantám se systémem MULTIFLEX. To je taktéž jako u systému DUO způsobeno tím, že jednotlivé prvky systému SKYDECK jsou vyrobeny z dražších materiálů (hliníku), než systém MULTIFLEX, kde kromě stojek, které se však používají u obou systémů, je většina konstrukčních prvků ze dřeva. Přímé náklady jsou mezi kombinacemi používající systémy TRIO a DOMINO podobné, jelikož i pracnost pro tyto bednění je podobná, pouze tam kde byl použit i systém SKYDECK jsou náklady na přímé mzdy menší, jelikož systém SKYDECK má oproti systému MULTIFLEX menší pracnost pro montáž bednění.

Tab. 17: Porovnání jednotlivých nákladů, zdroj: vlastní

	TRIO+MULTIFLEX	TRIO+SKYDECK	DOMINO+MULTIFLEX var.1	DOMINO+SKYDECK var.1	DOMINO+MULTIFLEX var.2
Přímé náklady	1 970 233,80 Kč	2 062 224,22 Kč	1 520 140,31 Kč	1 547 354,95 Kč	1 473 761,04 Kč
Přímý materiál - hmoty	1 494 193,80 Kč	1 597 896,22 Kč	1 044 100,31 Kč	1 083 026,95 Kč	1 021 145,04 Kč
Přímé mzdy	36 000,00 Kč	34 200,00 Kč	36 000,00 Kč	34 200,00 Kč	32 400,00 Kč
Ostatní přímé náklady	440 040,00 Kč	430 128,00 Kč	440 040,00 Kč	430 128,00 Kč	420 216,00 Kč
Nepřímé náklady	404 986,27 Kč	395 022,40 Kč	404 986,27 Kč	395 022,40 Kč	385 058,54 Kč
Výrobní režie	228 499,20 Kč	222 877,44 Kč	228 499,20 Kč	222 877,44 Kč	217 255,68 Kč
Správní režie	154 998,62 Kč	151 185,20 Kč	154 998,62 Kč	151 185,20 Kč	147 371,77 Kč
Zisk	21 488,45 Kč	20 959,77 Kč	21 488,45 Kč	20 959,77 Kč	20 431,09 Kč
Úplné vlastní náklady	2 353 731,62 Kč	2 436 286,86 Kč	1 903 638,13 Kč	1 921 417,59 Kč	1 838 388,48 Kč
Cena výpočtová	2 375 220,07 Kč	2 457 246,63 Kč	1 925 126,58 Kč	1 942 377,36 Kč	1 858 819,57 Kč
Cena jednotková za m²	2 883,14 Kč	2 977,87 Kč	2 344,48 Kč	2 363,19 Kč	2 284,29 Kč
	DOMINO+SKYDECK var.2	DUO+MULTIFLEX var.1	DUO+SKYDECK var.1	DUO+MULTIFLEX var.2	DUO+SKYDECK var.2
Přímé náklady	1 565 704,20 Kč	1 149 129,21 Kč	1 234 351,29 Kč	1 089 416,45 Kč	1 199 820,09 Kč
Přímý materiál - hmoty	1 113 088,20 Kč	719 937,21 Kč	816 871,29 Kč	683 648,45 Kč	794 052,09 Kč
Přímé mzdy	32 400,00 Kč	28 800,00 Kč	27 000,00 Kč	25 200,00 Kč	25 200,00 Kč
Ostatní přímé náklady	420 216,00 Kč	400 392,00 Kč	390 480,00 Kč	380 568,00 Kč	380 568,00 Kč
Nepřímé náklady	385 058,54 Kč	365 130,80 Kč	355 166,94 Kč	345 203,07 Kč	345 203,07 Kč
Výrobní režie	217 255,68 Kč	206 012,16 Kč	200 390,40 Kč	194 768,64 Kč	194 768,64 Kč
Správní režie	147 371,77 Kč	139 744,92 Kč	135 931,49 Kč	132 118,06 Kč	132 118,06 Kč
Zisk	20 431,09 Kč	19 373,73 Kč	18 845,05 Kč	18 316,37 Kč	18 316,37 Kč
Úplné vlastní náklady	1 930 331,65 Kč	1 494 886,29 Kč	1 570 673,17 Kč	1 416 303,15 Kč	1 526 706,79 Kč
Cena výpočtová	1 950 762,73 Kč	1 514 260,01 Kč	1 589 518,22 Kč	1 434 619,52 Kč	1 545 023,15 Kč
Cena jednotková za m²	2 395,84 Kč	1 772,23 Kč	1 868,00 Kč	1 678,60 Kč	1 822,91 Kč

4.7 Stanovení vah vybraných kritérií

Pro sestavení vah vybraných kritérií bylo spolupracováno s dodavatelem stavby, který seřadil jednotlivá kritéria dle preferencí od nejdůležitějšího po nejméně důležité. U těchto seřazených kritérií byly následně pomocí metody pořadí vypočítány jejich váhy. Ty se zjistily tak, že každé kritérium bylo bodově ohodnoceno a následně vyděleno sumou těchto bodů.

Tab. 18: Váhy kritérií, zdroj: vlastní

Kritérium	Únosnost bednění	Výsledná pohledovost	Náklady	Doba trvání
Pořadí	1	2	3	4
Body	4	3	2	1
Váha kritéria	0,4	0,3	0,2	0,1

Sestavování vah kritérií bylo provedeno pouze z pohledu realizační firmy. Kritérium, který dodavatel zvolil jako nejdůležitější, je únosnost bednění. Důvod tohoto rozhodnutí vychází ze zkušeností dodavatele stavby, kterými jsou zejména:

- U únosnějších a zároveň těžších bednění je nižší riziko nadzvednutí (tzv. „vyplavení“) bednění vlivem vztlakových sil čerstvého betonu.
- Vyšší prostorová tuhost bednění zajišťuje bezpečnější pohyb pracovníků po pracovních lávkách a kvalitnější rovinnost povrchu betonu.

Stanovení nejdůležitějších kritérií je značně subjektivní záležitost a z pohledu ostatních účastníků výstavby se pořadí těchto kritérií může pravděpodobně velmi lišit, jelikož zájmové oblasti každého účastníka jsou odlišné. Například investor by největší váhu přikládal celkovým nákladům a projektant zase výsledné pohledovosti. Jelikož však tato práce vyhodnocuje jednotlivé varianty bednění z pohledu dodavatele stavby, je tedy očividné, že pořadí jednotlivých kritérií budou odpovídat jeho volbě.

5 Celkové vyhodnocení variant

Jednotlivé varianty kombinací systémových bednění od firmy PERI jsou hodnoceny metodou bazické varianty neboli metodou indexových koeficientů. Bazickou variantou je označena nejlepší hodnota kritéria ze všech variant kombinací bednění.

Do vytvořené tabulky jsou seřazeny jednotlivá kritéria a varianty kombinací systémových bednění a pro výpočet jednotlivých koeficientů se určí směr preference každého kritéria. Kritérium náklady, výsledná pohledovost a doba trvání mají klesající směr preference, tudíž jejich koeficienty se stanoví podílem bazické hodnoty ku hodnotě kritéria. Kritérium únosnost bednění má stoupající směr preference, a tedy jeho koeficient se stanoví jako podíl hodnoty kritéria ku hodnotě bazické varianty (viz tabulka 19).

Celková hodnota se získá vynásobením příslušného koeficientu s váhou dílčího kritéria (tabulka 20) a posléze se provede součet těchto hodnot, z čehož se určí výsledné pořadí jednotlivých variant kombinací bednění (tabulka 21). [33; 34]

Tab. 19: Určení bazické varianty, zdroj: vlastní

Kritérium	Kr. 1	Kr. 2	Kr. 3	Kr. 4
Kombinace bednění	Náklady	Výsledná pohledovost	Doba trvání	Únosnost bednění
Jednotka	Kč/m ²	bod	Den	kN/m ²
Bazická varianta	1678,60	3	68	80
DUO+MULTIFLEX var.1	1772,23	10	77	50
DUO+MULTIFLEX var.2	1678,60	21	68	50
DUO+SKYDECK var.1	1868,00	17	76	50
DUO+SKYDECK var.2	1822,91	24	68	50
DOMINO+MULTIFLEX var.1	2344,48	8	83	60
DOMINO+MULTIFLEX var.2	2284,29	8	74	60
DOMINO+SKYDECK var.1	2363,19	16	82	60
DOMINO+SKYDECK var.2	2395,84	16	74	60
TRIO+MULTIFLEX	2883,14	3	82	80
TRIO+SKYDECK	2977,87	12	81	80

Tab. 20: Výpočet koeficientů dle směru preference, zdroj: vlastní

Kritérium	Kr. 1	Kr. 2	Kr. 3	Kr. 4
Kombinace bednění	Náklady	Výsledná pohledovost	Doba trvání	Únosnost bednění
Jednotka	Kč/m ²	bod	Den	kN/m ²
Váha kritéria	0,20	0,30	0,10	0,40
DUO+MULTIFLEX var.1	0,95	0,30	0,88	0,63
DUO+MULTIFLEX var.2	1,00	0,14	1,00	0,63
DUO+SKYDECK var.1	0,90	0,18	0,89	0,63
DUO+SKYDECK var.2	0,92	0,13	1,00	0,63
DOMINO+MULTIFLEX var.1	0,72	0,38	0,82	0,75
DOMINO+MULTIFLEX var.2	0,73	0,38	0,92	0,75
DOMINO+SKYDECK var.1	0,71	0,19	0,83	0,75
DOMINO+SKYDECK var.2	0,70	0,19	0,92	0,75
TRIO+MULTIFLEX	0,58	1,00	0,83	1,00
TRIO+SKYDECK	0,56	0,25	0,84	1,00

Tab. 21: Výsledný součet koeficientů a stanovení pořadí kombinací bednění, zdroj: vlastní

Kritérium	Kr. 1	Kr. 2	Kr. 3	Kr. 4	Celkem	Pořadí
Kombinace bednění	Náklady	Výsledná pohledovost	Doba trvání	Únosnost bednění		
Jednotka	Kč/m ²	bod	den	kN/m ²		
DUO+MULTIFLEX var.1	0,19	0,09	0,09	0,25	0,6177	5.
DUO+MULTIFLEX var.2	0,20	0,04	0,10	0,25	0,5929	6.
DUO+SKYDECK var.1	0,18	0,05	0,09	0,25	0,5721	9.
DUO+SKYDECK var.2	0,18	0,04	0,10	0,25	0,5717	10.
DOMINO+MULTIFLEX var.1	0,14	0,11	0,08	0,30	0,6376	4.
DOMINO+MULTIFLEX var.2	0,15	0,11	0,09	0,30	0,6514	3.
DOMINO+SKYDECK var.1	0,14	0,06	0,08	0,30	0,5812	8.
DOMINO+SKYDECK var.2	0,14	0,06	0,09	0,30	0,5883	7.
TRIO+MULTIFLEX	0,12	0,30	0,08	0,40	0,8994	1.
TRIO+SKYDECK	0,11	0,08	0,08	0,40	0,6717	2.

Tab. 22: Pořadí kombinací bednění, zdroj: vlastní

Pořadí	Celkem bodů	Kombinace bednění
1.	0,8994	TRIO+MULTIFLEX
2.	0,6717	TRIO+SKYDECK
3.	0,6514	DOMINO+MULTIFLEX var.2
4.	0,6376	DOMINO+MULTIFLEX var.1
5.	0,6177	DUO+MULTIFLEX var.1
6.	0,5929	DUO+MULTIFLEX var.2
7.	0,5883	DOMINO+SKYDECK var.2
8.	0,5812	DOMINO+SKYDECK var.1
9.	0,5721	DUO+SKYDECK var.1
10.	0,5717	DUO+SKYDECK var.2

Z výsledného pořadí v tabulce 22 je patrné, že na předních pozicích se umístily kombinace bednění používající bednění TRIO, které má nejvyšší únosnot, a jelikož tento faktor byl dodavatelem stavby zvolen jako nejdůležitější, tak se musela tato skutečnost projevit i do celkových výsledků. Nejvíce bodů získala kombinace TRIO a MULTIFLEX, jelikož u dvou ze čtyř faktorů získala nejvyšší možný počet bodů, konkrétněji to byly kritéria výsledná pohledovost a únosnost bednění. Nejhůře byly vyhodnoceny kombinace bednění se stropním bedněním SKYDECK. Toto ovlivnilo kritérium výsledná pohledovost, za který byly tyto kombinace nejhůře hodnoceny.

Výsledky vícekritériálního rozhodování jsou pouze doporučení pro volbu tzv. kompromisního řešení, které má snahu respektovat všechna výše uvažovaná kritéria.

Tíha vlastního rozhodnutí zůstává pouze na dodavateli stavby, či projektantovi, kteří za to nesou odpovědnost.

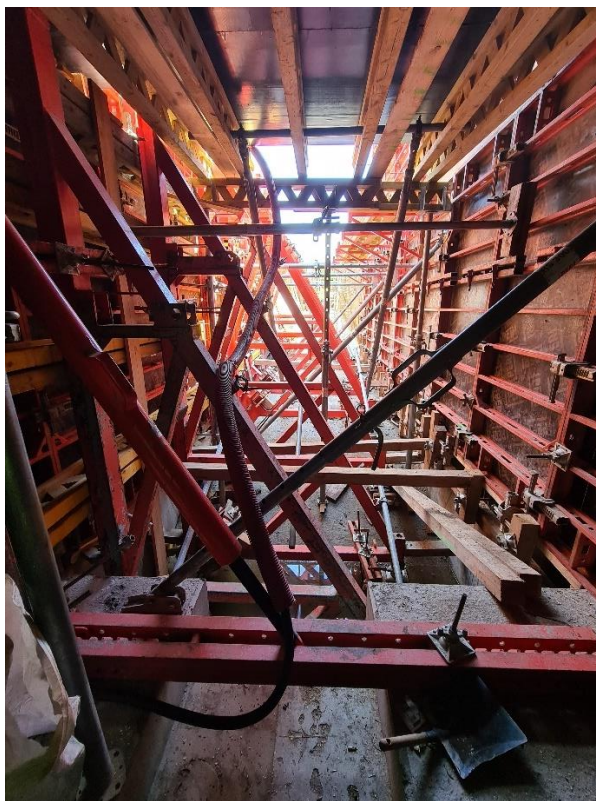
6 Konečná volba variant bednění dodavatelem stavby

Jak už bylo řečeno, konečné rozhodnutí pro výběr bednicích systémů je pouze na dodavateli stavby nebo projektantovi. A proto i přes výsledky vícekritériálního posudku se dodavatel stavby rozhodl pro kombinaci bednění DOMINO a MULTIFLEX var.2. Důvod, proč se nakonec dodavatel rozhodl pro tuto variantu byl takový, že z hlediska zvolené společné betonáže stěn a stropu horní části tubusu, vychází tato varianta jako nejlepší.

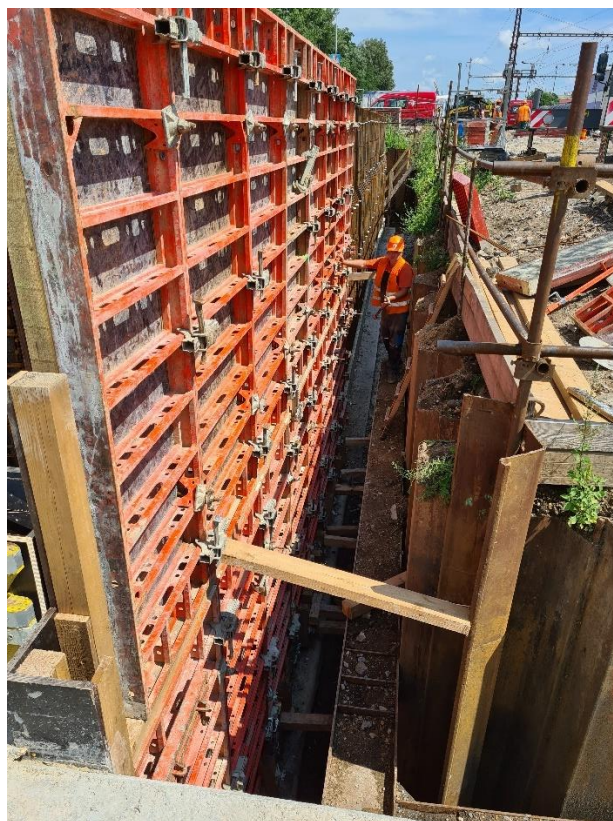
Následující fotografie ukazují zrealizované bednění tubusu P1.



Obr. 34: Venkovní pohled na vstup do tubusu P1 z chodníku C1, zdroj: vlastní



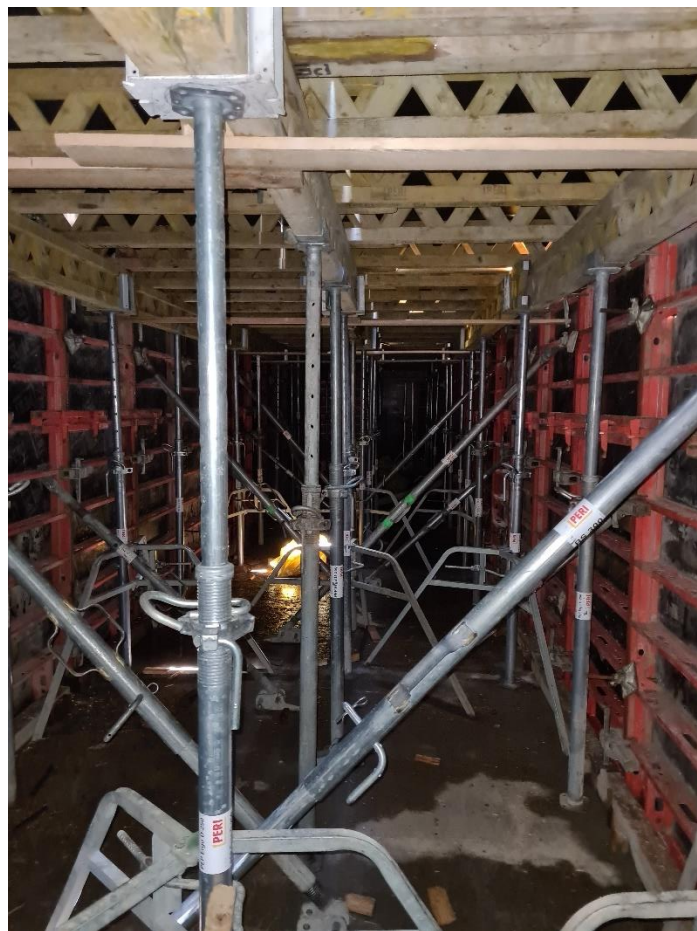
Obr. 35: Vnitřní pohled na vstup do tubusu P1 z chodníku C1, zdroj: vlastní



Obr. 36: Pohled na stěnu u vstupu do tubusu P1 z chodníku C1 ze strany pažení, zdroj: vlastní



Obr. 37: Pohled na vnitřek tubusu P1, zdroj: vlastní



Obr. 38: Pohled na vnitřek tubusu P1, zdroj: vlastní



Obr. 39: Pohled na tubus P1, zdroj: vlastní

7 Dodatečné zhodnocení kvality povrchu konstrukce

V této kapitole diplomové práce bude komentována výsledná kvalita povrchu betonové konstrukce. Na fotografiích jsou ukázány části konstrukce, které viditelně vykazují vady povrchu betonu. U jednotlivých fotografií jsou vypsány i příčiny vzniku těchto vad.



Obr. 40: Únik cementového tmele vlivem netěsného bednění u pracovní spáry, zdroj: vlastní



Obr. 41: Otisk barvy z rohového panelu bednění na povrch betonu a vyplavení řídkého cementového tmele do horní části konstrukce, zdroj: vlastní

Na obrázku 41 se nachází viditelná vada, zúsobená otiskem barvy z rohového panelu na povrch betonu. Tato vada vznikla tím, že předchozí nájemce natřel povrch bednění červenou barvou, která nebyla posléze kvalitně očištěna. Proto tato vada by měla být připisována výrobcí bednění, který nezajistil správné dočištění a údržbu panelu před dalším vývozem.



Obr. 42: Netěsné navázání na předchozí záběr, zdroj: vlastní



Obr. 43: Otisk skvrn rzi z neočištěného pláště bednění na povrch betonu stropu, zdroj: vlastní



Obr. 44: Viditelně zvlňný povrch betonu stropu způsobený průhyby bednicích desek a viditelné obtisky poškození bednicích desek do povrchu betonu, zdroj: vlastní



Obr. 45: Detail otvorů po spínání a otisk nečistot na povrch betonu, zdroj: vlastní



Obr. 46: Otisk skvrn rzi z nečištěného pláště bednění na povrch, zdroj: vlastní



Obr. 47: Otisk barvy z rohového panelu bednění na povrch betonu, otisky rzi na povrchu betonu, odchylky barevných odstínů, vytečení cementového tmele v pracovní spáře a vyplavení řídkého cementového tmele do horní části konstrukce, zdroj: vlastní



Obr. 48: Skvrny na povrchu způsobené nanesením velkého množství špatně rozetřeného separačního postříku, zdroj: vlastní



Obr. 49: Otisk poškozené bednicí desky na povrchu betonu a otisk rzi z nečištěného pláště bednění, zdroj: vlastní



Obr. 50: Odchylka barevného odstínu vlivem nanesením špatného množství separačního postřiku, zdroj: vlastní



Obr. 51: Otisk skvrn rzi z neočištěného pláště bednění na povrch, zdroj: vlastní



Obr. 52: Otisk poškozené bednicí desky na povrchu betonu, zdroj: vlastní

Z celkového hlediska byly nejvíce pozorovanými vadami otisky nečistot na povrch betonu, způsobené nedostatečným očištěním bednicích desek před betonáží a nedostatečným detekováním poškozených desek, které způsobily nevzhledné obtisky do betonu, jenž bude náročné opravit.

Dalšími vadami, se kterými se dodavatel stavby často potýkal, bylo netěsné navazování bednění na pracovní spáry, což způsobilo vytečení cementového tmele na povrch betonu předchozího záběru a také vyplavováním řídkého cementového tmele do horní části betonované konstrukce, nejspíše způsobené převibrováním čerstvého betonu.

8 Porovnání tradičního a systémového bednění

V této kapitole se diplomová práce věnuje porovnáním navrženého tradičního tesařského bednění se zvoleným systémovým bedněním od firmy PERI. Pro porovnání bylo zvoleno bednění DUO. Porovnávaná část stavby je pětimetrový úsek stěny bílé vany, kde je navrženo oboustranné bednění. V rámci tohoto porovnání není započítávána obratovost bednění.

Pro porovnání obou typů bednění byl zpracován výkres obsahující půdorys, řezy a pohledy na skladbu bednění. Následovně byly sestaveny seznamy použitých materiálů a k nim přiřazeny ceny odpovídají cenám z individuálních kalkulací z kapitoly 4.6. Porovnávaný faktor je celková cena stanovená součtem přímých nákladů, tedy prodejní materiál, nájemní materiál a náklady na mzdy. Doba nájmu vychází z doby od zabezení po odbednění konstrukce. U obou typů bednění je předpokládáno, že doba armování a betonáže trvá jeden pracovní den a technologická přestávka 7 dní. Výkres s tabulkami cen je součástí přílohy 3.

Výsledná cena mezi tradičním a systémovým bedněním dosahuje rozdílu až 11 325 Kč. Je to především způsobeno cenou za řezivo u tradičního bednění a také cenou za mzdy, jelikož předpokládaná doba montáže tradičního bednění je až trojnásobná oproti systémovému bednění.

Těmito výsledky bylo poukázáno, proč se v současnosti převážně využívá systémového bednění oproti tradičnímu bednění. Důvod toho je velice prostý. V dnešní době cena za stavební řezivo tvoří výraznou část přímých nákladů za materiál, které lze velmi omezeně použít opakovaně pro další záběry. Další důvod je také velká časová náročnost pro montáž tradičního bednění, jelikož se sestavuje sbíjením jednotlivých druhů řeziva tesařsky odborně kvalifikovaným pracovníkem. Kdežto systémové bednění zvládne sestavit i pracovník bez odborných znalostí ve velice krátkém čase.

9 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat návrhy nasazení různých typů systémových bednění pro vodorovné a svislé železobetonové konstrukce včetně variantního řešení záběrů u novostavby „SO 02-34-01 ŽST Pardubice hl. n., železniční most ev. km 304,425 přes ulici Sladkovského – podchod pro pěší“ a porovnat tyto návrhy mezi sebou podle celkových nákladů, výsledné pohledovosti konstrukce, únosnosti bednění a doby trvání.

Úvodní kapitoly diplomové práce jsou zaměřené na seznámení se s bednicími systémy od firmy PERI, které lze použít pro řešený objekt tím, že splňují omezující podmínky, kterými jsou světlá výška stropu nad podlahou, nutnost ruční manipulace a tloušťka stropní konstrukce. Systémy, které splnily tyto podmínky u svislých konstrukcí jsou systémy TRIO, DUO a DOMINO a u vodorovných konstrukcí systémy MULTIFLEX a SKYDECK.

Dále byly stanoveny dvě možné varianty postupu betonáže, kde první varianta se skládá z osmi záběrů a druhá varianta ze sedmi záběrů. Zredukování počtu záběrů bylo zapříčiněno díky společné betonáži stěn a stropů horní části tubusu (část pro pěší).

V dalších kapitolách diplomové práce jsou rozebírány a zhodnocovány jednotlivá hodnotící kritéria. Prvním řešeným kritériem byla výsledná pohledovost konstrukce, kde se na zvolené části objektu vyhodnocovaly z objektivního i subjektivního hlediska spárořezy jednotlivých systémů bednění. Následujícím kritériem byla únosnost bednění, kde se zejména porovnávaly maximální dovolené tlaky od čerstvého betonu, vznikající při ukládání, které jsou schopné bednicí systémy přenést. Toto porovnání se hlavně týkalo stěnových systémů, jelikož u stropních systémů není důležitý tlak čerstvého betonu, ale maximální dovolená tloušťka stropní konstrukce. Z tohoto hlediska jak systém MULTIFLEX, tak i systém SKYDECK vyhověly. Dalším kritériem byla celková doba trvání, která se stanovila pomocí výpočtu doby trvání jednotlivých stavebních procesů. Doby těchto stavebních procesů pro jednotlivá bednění jsou graficky znázorněné v harmonogramu prací. Posledním hodnotícím kritériem byly celkové náklady vynaložené za bednění, které byly stanoveny pomocí individuálních kalkulací.

Z celkového vyhodnocení multikriteriálního porovnání vyšlo, že jako nejvýhodnější kombinací stěnových a stropních bednění jsou systémy TRIO a MULTIFLEX. Tento výsledek velmi ovlivnily váhy jednotlivých kritérií, které byly stanoveny z pohledu dodavatele stavby. Ten přisoudil největší důležitost kritériím únosnosti bednění a výsledné pohledovosti konstrukce a obě kritéria měla u této kombinace bednění velmi dobré výsledky.

Konečné slovo při výběru bednění mělo však vedení dodavatelské firmy, které i přes výsledky celkového hodnocení vybralo kombinaci systémů DOMINO a MULTIFLEX var.2, kvůli rychlejší době výstavby, jelikož se u této kombinace bednění počítá se společnou betonáží stěn a stropů horní části tubusu.

Výsledná kvalita povrchu pohledových betonů bohužel ale neodpovídá požadavkům, které byly stanoveny v projektové dokumentaci. Dodavatel stavby se dopustil mnoha chyb při vstupních kontrolách, které byly příčinou vzniku vad. Těmito chybami byly zejména:

- Nekvalitní kontrola čistoty povrchu a odhalování poškozených bednicích desek, jež způsobily otisky rzi a jiných nečistot a obtisky poškozených desek na povrchu betonu, které již nelze opravit tak, aby vada nebyla viditelná.
- Díky nedostatečné kontrole nanesení správného množství separačního postřiku na bednění mělo za následek různé odstíny povrchu betonu.
- Nedokononalá kontrola těsnosti navázání pracovních spar mezi jednotlivými záběry betonáže způsobilo vyplavení cementového tmele na povrch betonu předešlého záběru.
- Nedodržování technologických postupů při vibrování čerstvého betonu, způsobilo to, že řídkší cementový tmel vystoupal do horní části konstrukce a zapříčinil rozdílný odstín povrchu betonu.

Další velmi viditelnou vadou byly otisky červené barvy z rohových panelů na povrch betonu, ze kterou však nenese zodpovědnost dodavatel stavby, ale pronajímatel bednění, který měl povinnost provést kvalitní údržbu před další zápujčkou.

Na základě velkého množství zjištěných vad je nutné, aby realizační firma zvýšila důslednost vstupních kontrol bednění před jeho montáží a také lépe kontrolovala, jak kvalitně probíhá následné ošetřování betonu. Z pohledu projektanta, či projekční kanceláře pak vyvstává otázka, jestli je adekvátní požadovat pohledové betony u těchto typů podzemních staveb, kde kvůli jejich tvarové složitosti a navrženému armování, takřka nelze využívat velkorozměrové panely, které by zajistily patřičnou pohledovost.

Diplomová práce ukázala skutečnost, že z pohledu různých osob zúčastněných při výstavbě se různí preference jednotlivých hodnotících kritérií, a tedy i výsledky multikriteriálního posouzení. Toto taktéž platí i uvnitř realizační firmy mezi jednotlivými odděleními, kde na jedné straně je úhel pohledu oddělení výroby (vedení stavby) a na straně druhé oddělení přípravy či vedení firmy. Pro nalezení adekvátního řešení je proto nutné, aby projektant znal technologie realizací a navrhoval proveditelná řešení.

Literatura

Doporučená literatura:

BAŠKOVÁ, R. Realizácia betónových konštrukcií. 1. vydanie. Martin: BELMAS GROUP: BELMAS GROUP. 2008. ISBN 8096987747.

BROŽOVÁ, Helena, Tomáš ŠUBRT a Milan HOUŠKA. Modely pro vícekritériální rozhodování. Credit, 2003. ISBN 8021310197.

OBERLENDER, Garold D a Robert L PEURIFOY. Formwork for Concrete Structures . McGraw-Hill Professional Publishing, 2010. ISBN 0071639187.

JURÍČEK, I. Technológia pozemných stavieb–hrubá stavba. Bratislava: Jaga group, 2001: Jaga group, 2001. ISBN 80-88905–29-X.

- [1] OBERLENDER, Garold D a Robert L PEURIFOY. *Formwork for Concrete Structures* . McGraw-Hill Professional Publishing, 2010. ISBN 0071639187.
- [2] Bednění (forma). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Bedn%C4%9Bn%C3%AD_\(forma\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bedn%C4%9Bn%C3%AD_(forma))
- [3] Systémové bednění. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A9mov%C3%A9_bedn%C4%9Bn%C3%AD
- [4] DOČKAL, Karel, Jan SEDLÁČEK a Libor MARTIŇÁK. *Systémová bednění: Učebnice pro výuku současných postupů bednění základních prvků betonových konstrukcí* [online]. 2009 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/ke-stazeni.html>
- [5] OČENÁŠKOVÁ, Adéla. Záhada rekordních cen dřeva: Ještě loni byly na dně, teď Evropu "vysává" Čína a USA. *Aktuálně.cz* [online]. Praha: Economia, 2021 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/drevo-v-obchodech-rekordne-zdrazuje-pilari-vini-z-historicke/r~99bef97cf9ea11eb8a900cc47ab5f122/>
- [6] Bednění. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni.html>
- [7] Bednění. *Www.doka.com* [online]. Amstetten: Doka GmbH, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.doka.com/cz/solutions/overview/index>
- [8] Efektivní systémy bednění. *Www.ulmaconstruction.cz* [online]. Gipuzkoa: ULMA C y

- E, S.Coop, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z:
<https://www.ulmaconstruction.cz/cs/bedneni>
- [9] Systémová bednění PASCHAL. *Www.paschal.cz* [online]. Praha: Inexes, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <http://www.paschal.cz/systemova-bedneni-paschal-p15.html>
- [10] Společnost PERI. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/o-spolecnosti.html>
- [11] Rámové bednění DOMINO. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stenove-bedneni/ramove-bedneni-domino.html>
- [12] *DOMINO*. PERI GmbH, 2017. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [13] ČESKO. *Nářízení vlády č. 361/2007 Sb.: nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*. In: . *Zákony pro lidi.cz* [online], 2021. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [14] Lehké rámové bednění DUO. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stenove-bedneni/bedneni-duo.html>
- [15] *DUO*. PERI GmbH, 2017. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [16] Rámové bednění TRIO. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stenove-bedneni/ramove-bedneni-trio.html>
- [17] *TRIO*. PERI GmbH, 2017. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [18] Rámové bednění MAXIMO. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stenove-bedneni/maximo.html>
- [19] *MAXIMO*. PERI GmbH, 2016. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [20] Nosníkové stropní bednění MULTIFLEX. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stropni-bedneni/multiflex.html>
- [21] *MULTIFLEX*. PERI GmbH, 2017. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [22] Panelové stropní bednění SKYDECK. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stropni->

bedneni/skydeck.html

- [23] SKYDECK. PERI GmbH, 2009. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [24] *Opěrný rám SB*. PERI GmbH, 2015. Formwork Scaffolding Engineering, b.r.
- [25] *Opěrný rám SB*. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/bedneni/stenove-bedneni/operny-ram-sb.html>
- [26] HELA, Rudolf a Vlastimil ŠRŮMA. *Pohledový beton* [online]. [Praha]: ČBS Servis, 2009 [cit. 2021-11-27]. Technická pravidla ČBS. ISBN 978-80-87158-17-3.
- [27] *3vrstvé bednicí desky*. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/betonarske-desky/3vrstv%C3%A9-bednic%C3%AD-desky.html>
- [28] *T-Plex*. *Www.peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.peri.cz/produkty/betonarske-desky/t-plex.html>
- [29] *Formwork Load Calculator*. *Peri.cz* [online]. Weißenhorn: PERI AG, 2021 [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://apps.peri.com/SLR/index.php?lang=en&norm=din>
- [30] ČSN 73 0042. *Tlaky čerstvého betonu na svislé konstrukce bednění*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [31] BAŠKOVÁ, R. *Realizácia betónových konštrukcií. 1. vydanie*. Martin: BELMAS GROUP: BELMAS GROUP. 2008. ISBN 8096987747.
- [32] *Individuální kalkulace*. *Www.stavebnistandardy.cz* [online]. [cit. 2021-11-25]. Dostupné z: <http://www.stavebnistandardy.cz/default.asp?Typ=1&ID=6&Pop=1&IDmH=6947521&IDm=6728359&Menu=Manu>
- [33] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Václav BERAN a Petr DLASK. *Rozhodování: (vstupní data, významnost kritérií, hodnocení variant)*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04982-2.
- [34] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.

Seznam příloh

Příloha 1 – Doba trvání stavebních procesů

Příloha 2 – Harmonogram prací

Příloha 3 – Výkres porovnání tradičního a systémového bednění

Příloha 4 – Materiál – řezivo

Příloha 5 – Projektová dokumentace S0 02-34-01 ŽST Pardubice hl. n., železniční most ev.
km 304,42 přes ulici Sladkovského – podchod pro pěší

Příloha 6 – Seznamy materiálů variant bednění

Příloha 7 – Výkresy sestav bednění

Seznam obrázků

Obr. 1: Výřez schématu podchodu (viz příloha 2.06.01)	5
Obr. 2: Schéma postupu betonáže – varianta 1, zdroj: vlastní	7
Obr. 3: Výřez výkresu výztuže (viz příloha 2.06.08).....	8
Obr. 4: Schéma postupu betonáže – varianta 2, zdroj: vlastní	8
Obr. 5: Bednění DOMINO [10]	10
Obr. 6: Zámek DRS (zleva u běžných spojů, z prava s dřevěným doměrkem) [11].....	10
Obr. 7: Klínový zámek DKS [11]	11
Obr. 8: Bednění DUO [13].....	11
Obr. 9: Klip DUO [14]	12
Obr. 10: Bednění TRIO [15]	13
Obr. 11: Zámek BFD (zleva u běžných spojů, z prava s dřevěným doměrkem) [16].....	13
Obr. 12: Bednění MAXIMO [17]	14
Obr. 13: Bednění MULTIFLEX [19].....	15
Obr. 14: Bednění SKYDECK [21].....	16
Obr. 15: Stropní bednění DUO [13].....	17
Obr. 16: Opěrný rám SB (vlevo a uprostřed), rám SB-L VARIOKIT (vpravo) [24]	18
Obr. 17: Tabulka tříd bednění [25].....	20
Obr. 18: Tabulka tříd bednění (pokračování) [25]	20
Obr. 19: Zvolená část objektu pro zhodnocení pohledovosti – stěny (modrá oblast), strop (zelená oblast)	21
Obr. 20: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém TRIO, zdroj: vlastní...	22
Obr. 21: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DOMINO, zdroj: vlastní	23
Obr. 22: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DUO, zdroj: vlastní....	24
Obr. 23: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DOMINO, zdroj: vlastní	25
Obr. 24: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém DUO, zdroj: vlastní....	25
Obr. 25: Třívrstvá bednicí deska [26]	26
Obr. 26: Bednicí deska T-Plex [27]	26
Obr. 27: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém SKYDECK, zdroj: vlastní	27

Obr. 28: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém MULTIFLEX 1, zdroj: vlastní	27
Obr. 29: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém MULTIFLEX 2, zdroj: vlastní	28
Obr. 30: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém SKYDECK, zdroj: vlastní	28
Obr. 31: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém MULTIFLEX 1, zdroj: vlastní	29
Obr. 32: Spároveň (nahore) a výkres sestavy bednění (dole) – systém MULTIFLEX 2, zdroj: vlastní	29
Obr. 33: Hodnoty maximálního vodorovného tlaku čerstvého betonu [29]	32
Obr. 34: Venkovní pohled na vstup do tubusu P1 z chodníku C1, zdroj: vlastní	53
Obr. 35: Vnitřní pohled na vstup do tubusu P1 z chodníku C1, zdroj: vlastní	54
Obr. 36: Pohled na stěnu u vstupu do tubusu P1 z chodníku C1 ze strany pažení, zdroj: vlastní	54
Obr. 37: Pohled na vnitřek tubusu P1, zdroj: vlastní	55
Obr. 38: Pohled na vnitřek tubusu P1, zdroj: vlastní	55
Obr. 39: Pohled na tubusu P1, zdroj: vlastní.....	56
Obr. 40: Únik cementového tmele vlivem netěsného bednění u pracovní spáry, zdroj: vlastní	56
Obr. 41: Otisk barvy z rohového panelu bednění na povrch betonu a vyplavení řídkého cementového tmele do horní části konstrukce, zdroj: vlastní	57
Obr. 42: Netěsné navázání na předchozí záběr, zdroj: vlastní	57
Obr. 43: Otisk skvrn rzi z neočištěného pláště bednění na povrch betonu stropu, zdroj: vlastní	58
Obr. 44: Viditelně zvlněný povrch betonu stropu způsobený průhyby bednicích desek a viditelné obtisky poškození bednicích desek do povrchu betonu, zdroj: vlastní	58
Obr. 45: Detail otvorů po spínání a otisk nečistot na povrch betonu, zdroj: vlastní	59
Obr. 46: Otisk skvrn rzi z neočištěného pláště bednění na povrch, zdroj: vlastní	59
Obr. 47: Otisk barvy z rohového panelu bednění na povrch betonu, otisky rzi na povrchu betonu, odchylky barevných odstínů, vytečení cementového tmele v pracovní spáře a vyplavení řídkého cementového tmele do horní části konstrukce, zdroj: vlastní	60
Obr. 48: Skvrny na povrchu způsobené nanesením velkého množství špatně rozetřeného separačního postříku, zdroj: vlastní.....	60

Obr. 49: Otisk poškozené bednicí desky na povrchu betonu a otisk rzi z neočištěného pláště bednění, zdroj: vlastní	61
Obr. 50: Odchylka barevného odstínu vlivem nanesením špatného množství separačního postřiku, zdroj: vlastní.....	61
Obr. 51: Otisk skvrn rzi z neočištěného pláště bednění na povrch, zdroj: vlastní	62
Obr. 52: Otisk poškozené bednicí desky na povrchu betonu, zdroj: vlastní	62

Seznam tabulek

Tab. 1: Systémová bednění podle výrobců, zdroj: vlastní.....	9
Tab. 2: Seznam kritérií, zdroj: vlastní	19
Tab. 3: Výsledky hodnocení pohledovosti stěnového bednění, zdroj: vlastní	30
Tab. 4: Rychlost ukládání ČB, zdroj: vlastní.....	33
Tab. 5: Únosnosti bednicích systémů, zdroj: vlastní	33
Tab. 6: Celkové doby trvání stavebních procesů, zdroj: vlastní.....	35
Tab. 7: Individuální kalkulace – TRIO a MULTIFLEX, zdroj: vlastní	38
Tab. 8: Individuální kalkulace – TRIO a SKYDECK, zdroj: vlastní	39
Tab. 9: Individuální kalkulace – DOMINO a MULTIFLEX var.1, zdroj: vlastní	40
Tab. 10: Individuální kalkulace – DOMINO a SKYDECK var.1, zdroj: vlastní.....	41
Tab. 11: Individuální kalkulace – DOMINO a MULTIFLEX var.2, zdroj: vlastní	42
Tab. 12: Individuální kalkulace – DOMINO a SKYDECK var.2, zdroj: vlastní.....	43
Tab. 13: Individuální kalkulace – DUO a MULTIFLEX var.1, zdroj: vlastní.....	44
Tab. 14: Individuální kalkulace – DUO a SKYDECK var.1, zdroj: vlastní.....	45
Tab. 15: Individuální kalkulace – DUO a MULTIFLEX var.2, zdroj: vlastní.....	46
Tab. 16: Individuální kalkulace – DUO a SKYDECK var.2, zdroj: vlastní.....	47
Tab. 17: Porovnání jednotlivých nákladů, zdroj: vlastní.....	49
Tab. 18: Váhy kritérií, zdroj: vlastní	50
Tab. 19: Určení bazické varianty, zdroj: vlastní.....	51
Tab. 20: Výpočet koeficientů dle směru preference, zdroj: vlastní.....	51
Tab. 21: Výsledný součet koeficientů a stanovení pořadí kombinací bednění, zdroj: vlastní	52
Tab. 22: Pořadí kombinací bednění, zdroj: vlastní	52