

# **ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE  
2020**

**PROVÁDĚNÍ OMÍTEK ZA POMOCI  
ROBOTICKÉHO SYSTÉMU**

Vypracoval: **Bc. Antonín Podzimek**

Vedoucí práce: **Ing. Michal Kovářík**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

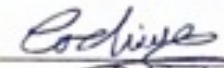
### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Podzimek	Jméno: Antonín	Osobní číslo: 458875
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Provádění omítek za pomoci robotického systému	
Název diplomové práce anglicky: Plaster application using a robotic system	
Pokyny pro vypracování: 1) Požadavky na provádění a kvalitu omítek 2) Rešerše konvenčních omítacích technologií 3) Rešerše robotických technologií s potenciálem možného využití pro omítání 4) Návrh technologického postupu robotického omítání 5) Experimentální ověření technologie robotického omítání 6) Porovnání robotického systému s tradičními metodami 7) Stanovení podmínek efektivního použití technologie robotického omítání	
Seznam doporučené literatury: 1) BOCK, Thomas; LINNEN, Thomas. Construction robots: elementary technologies and single-task construction robots. New York, NY: Cambridge University Press, 2016. ISBN isbn978-1-107-07599-3hardback. 2) FORSBERG, Johan; GRAFF Daniel; WERNERSSON Åke, An Autonomous Plastering Robot for Walls and Ceilings, IFAC Proceedings Volumes, Volume 28, Issue 11, 1995, Pages 301-306, ISSN 1474-6670. 3) SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. Oceňování v jednotlivých fázích výstavbového projektu: Podklady [online]. In: . ČVUT v Praze, Fakulta stavební: Praha & EU: Investujeme do Vaší budoucnosti, Evropský sociální fond, s. 25 [cit. 2019-11-30].	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Michal Kovařík	
Datum zadání diplomové práce: 25.9.2020	Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>25.9.2020</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze .....

.....

**Antonín Podzimek**

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu práce za svědomitou pomoc a inspiraci při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat svému otci za cenou diskuzi k dané problematice a zprostředkování přístupu k vývoji robota. Dík i vývojářskému týmu Omítkáře, který mi poskytnul potřebnou konzultaci a materiály pro vypracování práce



## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá aplikací robotických technologií pro omítání. V úvodu teoretické části shrnuje požadavky na provádění omítek a zkoumá současné dostupné omítací technologie. Dále se zaměřuje na rešerši robotických technologií s potenciálem využití pro omítání. V praktické části se práce zaměřuje na aspekty využití robotického systému s názvem „Omítkář“. Autor práce navrhuje technologický postup tohoto systému při omítání, dále zkoumá praktické aspekty této robotické technologie a poté porovnává robotický systém s tradičními metodami. V závěru práce jsou autorem stanoveny podmínky efektivního použití této technologie.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

omítání, omítky, technologie, automatizace, robotické omítání, robotické technologie,

## **ANNOTATION**

The diploma thesis deals with the application of robotic technologies for plastering. The introduction of the theoretical part summarizes the requirements for the implementation of plasters and examines the currently available plastering technologies. It also focuses on the search for robotic technologies with the potential for use for plastering. In the practical part, the work focuses on aspects of the use of a robotic system called "Plasterer". The author proposes the technological procedure of this system during plastering, further examines the practical aspects of this robotic technology and then compares the robotic system with traditional methods. At the end of the work, the author sets the conditions for the effective use of this technology.

## **KEY WORDS**

plastering, plaster, technology, automation, robotic plastering, robotic technologies

## **Obsah**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
1.1 POŽADAVKY NA PROVÁDĚNÍ A KVALITU OMÍTEK .....	15
1.2 REŠERŠE KONVENČNÍCH OMÍTACÍCH TECHNOLOGIÍ .....	24
1.3 REŠERŠE ROBOTICKÝCH TECHNOLOGIÍ S POTENCIÁLEM MOŽNÉHO VYUŽITÍ PRO OMÍTÁNÍ .....	27
<b>2 PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>40</b>
2.1 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU ROBOTICKÉHO OMÍTÁNÍ .....	41
2.2 PRAKTICKÁ ZKOUŠKA ROBOTA A VÝPOČTY VÝKONU A NÁKLADŮ .....	56
2.3 STANOVENÍ PODMÍNEK EFEKTIVNÍHO POUŽITÍ TECHNOLOGIE ROBOTICKÉHO OMÍTÁNÍ .....	64
2.4 ANALÝZA - POROVNÁNÍ ROBOTICKÉHO SYSTÉMU S TRADIČNÍMI METODAMI .....	72
<b>3 ZÁVĚR</b> .....	<b>74</b>
<b>4 SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>75</b>
<b>5 SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>76</b>
<b>6 LITERATURA</b> .....	<b>77</b>

# ÚVOD

S průmyslem se bezesporu pojí snaha o co nejefektivnější produkci, tedy vytvořit co nejrychleji a nejlevněji co nejkvalitnější výrobek. Většina zpracovatelského průmyslu zavádí do svých výrobních systémů, ať již do samotné výroby, dopravy či skladování, automatizované a robotizované technologie. Tyto technologie se v některých případech dostávají na úroveň, kdy jsou již téměř plně autonomní a schopné samostatného rozhodování i diagnostiky a vytváří tzv. kyberneticko-fyzikální systémy. Tento vývoj jde tak rychle kupředu, že odborníci již cca od roku 2011 hovoří o tzv. čtvrté průmyslové revoluci a státy na takzvaném Průmyslu 4.0 staví své programy pro udržení konkurenceschopnosti národního průmyslu.

Stavebnictví, jako jedno z nejstarších a nejvýznamnějších odvětví národního hospodářství, je ale v tomto vývoji velice pozadu a produktivita práce roste jen velmi lehce. Data z posledních let ukazují, že stavebnictví je téměř na posledním místě v míře digitalizace životního cyklu výrobku, především pak produkce. Hůře na tom je již jen zemědělství. Naštěstí se vývoj začal hýbat kupředu a již se nachází cesty, jak implementovat moderní technologie i do tohoto oboru. Do fáze projekce, výrobní přípravy a správy budov se daří vnášet digitalizaci v celku dobře největší potenciál je pak v digitalizaci samotné realizace staveb, tj. v automatizaci stavební výroby.

Hlavní výzva automatizace a robotizace stavební výroby tkví v odlišnosti finálního výrobku a tím i povahy výroby oproti zpracovatelskému průmyslu. Zatím co u většiny odvětví zpracovatelského průmyslu se pohybuje samotný produkt v rámci výrobní linky a pracovník či stroj jsou potom v pevných pozicích a prostředí se v celku snadno udržuje uklizené a přehledné, ve stavebnictví se musí pracovníci často přesouvat a pracovat na produktu z interiéru i z exteriéru a prostředí pracoviště je i při důkladném úklidu špinavé a nepřehledné.

Jedna z činností, u které se pracovník často přesouvá a která probíhá vně i uvnitř stavby v rámci technologické etapy dokončovací práce, je omítání. Omítání je jedna ze základních dovedností profese zedníka. V dnešní době se na omítky jako na jednu z posledních vrstev skladeb konstrukcí kladou vysoké nároky na přesnost a při velikosti některých dnešních budov je objem omítacích prací enormní. Z těchto důvodů se již většinou tato práce deleguje na specializované omítkářské firmy, nebo mají dodavatelské firmy

vyčleněny čistě omítkářské pracovní čety. Kvalitních pracovníků je však nedostatek ve všech odvětvích a o kvalitní zedníky či omítkáře se firmy musí často přetahovat a je velice náročné pokrýt všechny stavby z dnešních zdrojů pracovní síly. V posledních letech se z důvodu tlaku na zvýšení produktivity začalo široce využívat mechanizace v podobě zařízení pro dopravu i aplikaci omítek, proces samotný ale stále vyžaduje vysoký podíl lidské práce.

Omítání je i přes poslední technologické inovace jedna z významných oblastí stavební výroby, kde by využití automatizace a tím pádem další snížení lidské práce znamenalo výrazné zvýšení produktivity, kvality i bezpečnosti výroby při současném snížení dopadu na životní prostředí.

## **CÍLE PRÁCE**

Základní cíle práce jsou stanoveny v zadání diplomové práce. Cíl práce je na základě provedené úvodní rešerše požadavků na provádění a kvalitu omítek a na základě rešerše robotických technologií s potenciálem využití pro omítání ověřit možnosti a výhodnost robotického provádění omítek. Ze získaných informací pak práce stanovuje podmínky pro efektivní využití technologie „Omítkář“ a porovnává ji s tradičními metodami omítání.

# 1 Teoretická část

Omítky jsou z pravidla konečnou vrstvou skladby stěn a stropů. Její funkce je estetická a zároveň jsou na ní kladeny stavebně-fyzikální nároky. Maltová směs, která je základem omítky, je složena ze tří hlavních částí: plnivo, pojivo a speciální přísady. Tato směs je smíchána v předepsaném poměru s vodou a vzniká tekutá či polotekutá až kašovitá směs, jejíž tuhnutí je zajištěno chemickou reakcí a vysycháním trvajícím v řádu dní.

Vnitřní omítky jsou realizovány v rámci 6. technologické etapy – Omítky a potěry a vnější neboli fasáda, v průběhu 9. technologické etapy – Vnější úpravy. Je důležité brát v potaz, že omítání je tzv. mokrá proces během něhož musí panovat adekvátní povětrnostní podmínky a během vytvrzování omítky se uvolňuje voda, která může mít vliv na navázané konstrukce.

Omítkové směsi mohou být vyráběné na staveništi či průmyslově. Výroba omítky na staveništi je stále běžná praxe, a to především z ekonomických důvodů. Je však důležité dodržet správné podíly jednotlivých komponent a neopomenout i kvalitu plniva neboli písku. Průmyslově vyráběné omítky jsou vyráběny téměř v laboratorních podmínkách a jejich kvalita je tedy velmi konstantní. Další výhodou jsou menší nároky na zařízení staveniště. [1, 2]

Hlavním kritériem pro rozdělení na základní druhy omítek je druh pojiva. V dnešní době je běžné kombinování různých pojiv a téměř všechny průmyslové omítky obsahují menší podíl zušlechťujících organických přísad. Základní rozdělení je zpracováno v následující tabulce (Tab. 1):



Tab. 1: Základní typy omítek dle pojiva [1]

<b>Typ pojiva</b>	<b>Typ omítky</b>	<b>Převládající druh pojiva</b>	<b>Oblast použití</b>
<b>Minerální</b>	Vápenná	Vápno, hydraulické vápno	Vnitřní omítky, oblast restaurování
	Vápenocementová	Vápno, cement (obvyklý poměr cca 2:1)	Běžné omítky, speciální (např. Sanační, tepelně-izolační, spec. Stěrky, spárovací, akustické, protipožární atd.)
	Cementová	Cement, vápno ve velmi malém množství pro lepší zpracování	
	Sádrová (vápenosádrová)	Sádra (event. vápno)	Vnitřní a protipožární omítky
	Hliněná	Jíl	Tenkvrstvé omítky, vysprávky
<b>Organické</b>	Silikonová	Silikonová disperze	Vnitřní omítky, zdravé bydlení, ekologické, restaurování
	Disperzní (akrylátová)	Akrylátová disperze	
	Silikátová	Vodní sklo. disperze	

Druh plniva souvisí s požadovanými stavebně fyzikálními vlastnostmi. Podílí se stejnou měrou na pevnosti, tvrdosti a struktuře omítek jako pojivo. Ve většině případů je plnivo písek. Hlavními sledovanými vlastnostmi plniva jsou pevnost, nasákavost zrn, čistota a křivka zrnitosti.

Třetí komponentou maltové směsi jsou přísady. Přísady se přidávají do malt již od pradávna ať už to byla různá barviva či živočišné materiály, jako například vejce ve známém příběhu o stavbě Karlova mostu. [1] V moderní výrobě omítek jsou již přísady na vysoké úrovni a mají řadu funkcí viz. tabulka (Tab. 2):

Tab. 2: Druhy přísad pro výrobu malt pro omítky [1]

<b>Druh přísady</b>	<b>Funkce</b>	<b>Typ přísady</b>
Barvivo, pigment	Probarvení omítky	Organické a anorganické pigmenty, např. Hlinka, rostlinné pigmenty, titandioxid, chrom, oxidy železa
Zpevňovače	Zvýšení pevnosti omítky	Polyuretany, silikony, historicky používané živočišné tuky
Plastifikátory	Zlepšení zpracovatelnosti	Celulóza, akrylátová emulze, silikony
Adheziva	Zlepšení lepivosti malty	Akrylová pryskyřice, epoxid, polyvinylacetátová emulze
Hydrofobizátory	Vodoodpudivost	Stearáty, silikony, klíh, kasein
Urychlovače	Zrychlené tuhnutí a nárůst pevnosti	Chlorid vápenatý, hydroxid barnatý, tvaroh

Mezi základní typy omítek patří jádrová omítka neboli štuk, jednovrstvá omítka, lehčená jednovrstvá, tepelně izolační a tenkovrstvá. Volba typu omítky je ovlivněna i druhem podkladu. Podklad musí být čistý a bezprašný. Pokud je podklad ze silně savého materiálu, navlhčíme ho či penetrujeme roztokem akrylátové disperze. Naopak slabě savé podklady je vhodné ošetřit slabou vrstvou cementového podhozu (tzv. špric) nebo nanesením speciální stěrky. V následující tabulce (Tab. 3) jsou uvedeny nejčastější typy podkladu a k nim vhodné typy omítek. [1, 2]

Tab. 3: Typy omítek vhodné pro různé typy podkladů [1]

<b>Typ omítky Typ podkladu</b>	<b>Tradiční (jádro, štuk)</b>	<b>Jednovrstvá</b>	<b>Lehčená jednovrstvá</b>	<b>Tepelně izolační</b>	<b>Tenkovrstvá</b>	<b>Armovací vrstva</b>
Monolitický beton	-	-	-	+	+++	
Plné cihly	++	+	+	++	-	
Tepelně izolační	+	++	+++	+	-	
Keramzitové a škvárobetonové tvárnice	+	+	++	++	-	doporučena
Tvárnice z pórobetonu	+	++	+++	+	-	
Prolévané tvárnice např. Velox	-	+	+++	+	-	doporučena
Montované obvodové pláště dřevěné, betonové	-	-	-	-	+++	nutná
<b>Vysvětlivky – vhodnost použití:</b> - Nevhodné, + možné, ++ vhodné, +++ ideální						

Nanášení omítek se provádí ručně pomocí zednické lžíce a stahovací latě a hladítka, nebo strojně kdy je směs transportována šnekovým čerpadlem a pomocí kompresoru stříkána na stěnu a po sléze uhlazena latí a hladítkem.

## **1.1 Požadavky na provádění a kvalitu omítek**

Kromě řady požadavků na odolnost vůči vnějším vlivům, trvanlivost a zvukově a tepelně izolační vlastnosti, jejichž splnění zajišťuje spíše zvolený materiál nežli zpracování existuje i několik požadavků na geometrickou přesnost povrchu a tu zajistíme především správným a přesným pracovním postupem. Kvalitu omítek předepisuje norma ČSN EN 13914-2 a dále byly zpracovány Technické informace Svazu výrobců suchých omítkových a maltových směsí ČR (SV SOMS ČR) o posuzování povrchů omítnutých stěn a stropů a o rovinnosti stěn a stropů. Tyto texty vychází převážně právě z normy ČSN EN 13914-2.

Speciální norma pro roboticky realizované omítky v ČR zatím neexistuje, ale s přihlédnutím k tomu, že finální produkt plní totožnou funkci a jsou na něj kladeny stejné požadavky na odolnost, pak je možné aplikovat stejné normy na roboticky i konvenčně prováděné omítky.

Požadavky na vlastnosti povrchu omítek závisí na použitém materiálu, účelu místnosti, provozu v objektu, a především na představách stavebníka. Proto by si, podle SV SOMS ČR, zpracovatel omítkových vrstev měl před uzavřením smlouvy o dílo:

- ověřit, zda a jak jsou definovány požadavky na kvalitu povrchů stěn a stropů
- ověřit druh definitivní povrchové úpravy (malba, tapeta, druh a odstín barvy apod.)
- trvat na písemném stanovení úrovně kvality povrchů stěn a stropů a stanovení způsobu jejich posouzení při přejímce

[3]

### **1.1.1 Provádění**

#### **1.1.1.1 Harmonogram stavby**

Časový plán výstavby by měl zahrnout veškeré návaznosti činností a jejich vzájemné vztahy. Všichni zúčastnění dodavatelé se musí shodnout na potřebě času pro provedení prací a zároveň by měl být harmonogram aktualizován tak, aby stavba mohla pokračovat a zabránilo se škodám způsobených následujícími pracemi.

V souvislosti s omítáním by mělo být počítáno s následujícími okolnostmi:

- a) Omítání by mělo být zahájeno v částech stavby chráněných před povětrnostními vlivy
- b) Dostatečný čas pro ukončení všech prací souvisejících s dokončením úpravy povrchů
- c) Dostatečný čas pro kontrolu podkladu a pro jeho vysychání
- d) Časové období, kdy hrozí, že teplota podkladu a vzduchu klesne pod 5 °C (možnost zabezpečení vytápěním)
- e) Dostatečný čas pro přípravu podkladu, nanesení a vyschnutí každé vrstvy omítky
- f) Čas pro kontrolu a případné opravy provedené práce
- g) Čas pro vyschnutí omítky před finální dekorativní úpravou

[4]

#### **1.1.1.2 Skladování**

Suché materiály je nutné skladovat v suchém prostředí a chránit proti povětrnosti. Průmyslově vyráběné omítky s organickými pojivy nebo penetrace je nutné ochránit před mrazem.

#### **1.1.1.3 Čistota a ochrana prací**

Před zahájením omítání je potřeba učinit opatření k ochránění již provedených prací, montážních míst pro instalace a skel.

#### **1.1.1.4 Příprava a ošetření zdiva**

Musí být navrženo potřebné ošetření zdiva, které se liší v závislosti na použitém druhu omítky a na omítaném podkladu. Je možná potřeba penetrace podkladu.

Podklad posuzujeme dle obecně přijatých zkušebních postupů, vizuální kontroly, otěrových zkoušek či škrábáním a navlhčením.

### **1.1.1.5 Provádění**

Omítání je prováděno ručně či strojně a vždy rovnoměrně a v konstantní konzistenci. Je možné provést omítku v jedné vrstvě nebo jako vícevrstvý omítkový systém.

#### **1.1.1.5.1 Vyrovnání**

Pokud se na podkladu vyskytují nerovnosti či dutiny je potřeba provést vyrovnání. Pracovní postup ovlivní hloubka a plocha dutiny, druh podkladu a omítky.

#### **1.1.1.5.2 Jednovrstvý systém**

Pokud bylo posouzeno, že podklad má potřebné vlastnosti, je možné provést nanesení jednovrstvé omítky. Omítka může být nanesena v několika krocích takzvaně „vlhké na vlhké“. Konečná úprava může být hladká, filcovaná či jinak provedená.

#### **1.1.1.5.3 Vícevrstvý systém**

Nejdříve se posoudí povrch podkladu jako u bodu B. Povrch každé předchozí vrstvy je potřeba upravit tak, že je zabezpečena vhodná adhezní vrstva zajišťující přídržnost následující vrstvy.

Z důvodu vysoké nasákavosti podkladu a v důsledku rychlého úbytku vlhkosti omítky může dojít k potížím při provádění. To vyřešíme speciálními opatřeními jako jsou adhezní činidla, ošetření snižující nasákavost či přísadami.

V závislosti na výběru výrobku, okolním prostředí, nasákavosti podkladu a na tloušťce vrstev se určí doba mezi dokončením spodní vrstvy a nanesením vrstvy konečné.

[4, 5]

## 1.1.2 Kvalita

Podle ČSN EN 13914-2 se doporučuje rozdělení úrovně kvality konečné úpravy omítek podle následující tabulky (Tab. 1). [4]

Tab. 4: Úroveň kvality hladké konečné úpravy dle ČSN EN 13914-2

Úroveň kvality	Použití
Q1	Bez požadavků
Q2	K položení strukturovaných tapet, úprav nebo nátěrů
Q3	K použití matných maleb nebo hladkých tapet nebo krycích vrstev
Q4	K použití pololesklých maleb nebo maleb pro lesklé efekty osvětlení

Základní posuzované požadavky a vlastnosti omítek se dělí na **Geometrickou přesnost** neboli tolerance rozměrové a **Estetické vlastnosti**

### 1.1.2.1 Geometrická přesnost

#### 1.1.2.1.1 Rovinnost

Rovinnost omítky závisí na její tloušťce a rovinnosti podkladu. Tenká omítka vyrovná jen menší nerovnosti podkladu a je téměř nemožné stanovit pro ni tolerance. Pokud má podklad větší odchylky od roviny, k dosažení vyžadované rovnosti je potřeba provést jedno či kombinaci těchto opatření:

- Zvýšit tloušťku omítky
- Dodatečná vyrovnávací vrstva

Tolerance pro rovinnost stěn, tedy podkladu pro omítání, jsou stanoveny v ČSN EN 1996-2 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí a mají hodnoty podle následující tabulky (Tab. 2) [6]



Tab. 5: Největší povolené geometrické odchylky pro zděné prvky dle ČSN EN 1996-2

<b>Rovinnost</b>	<b>Největší povolená odchylka</b>
V délce kteréhokoliv 1 metru	± 10 mm
V délce 10 metrů	± 50 mm

Pokud je podklad realizován podle této tabulky, není možné omítnout takovou plochu, pokud není navržena dostatečná tloušťka omítky. I v případě, že mocnost omítky je navržena dostatečná, je možné na takovém podkladu dosáhnout jen některá z třídy nerovností z ČSN EN 13914-2 viz. Tabulka (Tab. 3) [4]

Tab. 6: Třídy rovinnosti konečné úpravy omítky dle ČSN EN 13914-2

<b>Třída</b>	<b>Požadovaná obvyklá rovinnost – mezera mezi měřícím pravítkem</b>	<b>Nejmenší rovinnost podkladu k dosažení požadované obvyklé rovinnosti</b>
0	Bez požadavku	Bez požadavku
1	10 mm na 2 m	15 mm na 2 m
2	7 mm na 2 m	12 mm na 2 m
3	5 mm na 2 m	10 mm na 2 m
4	3 mm na 2 m	5 mm na 2 m
5	2 mm na 2 m	2 mm na 2 m

Zde narážíme na problém nekompatibility těchto dvou norem. Zatímco v ČSN EN 1996-2 je rovinnost stanovena na 1 m nebo 10 m v ČSN EN 13914-2 jsou odchylky konečné úpravy omítky posuzovány na lati dlouhé 2 metry. Stavebník by měl požadovat od zhotovitele zděných stěn rovinnost podle Tab. 3 tedy dle ČSN EN 13914-2, aby bylo možné dodržet standardy rovinnosti omítek.

Svaz výrobců suchých omítkových a maltových směsí ČR (SV SOMS) doporučuje ve svých Technických informacích užívat jako standart rovinností hodnoty dle tabulky 4. [7]

Tab. 7: Doporučené odchylky rovinnosti dle SV SOMS

Rovinnost podkladu v délce kterýchkoliv 2 m	± 10 mm
Rovinnost konečné úpravy omítky	5 mm na 2 m

#### 1.1.2.1.2 Svislost

Finální svislost povrchu omítky závisí na přesnosti provedení podkladu a zvolené tloušťce omítky.

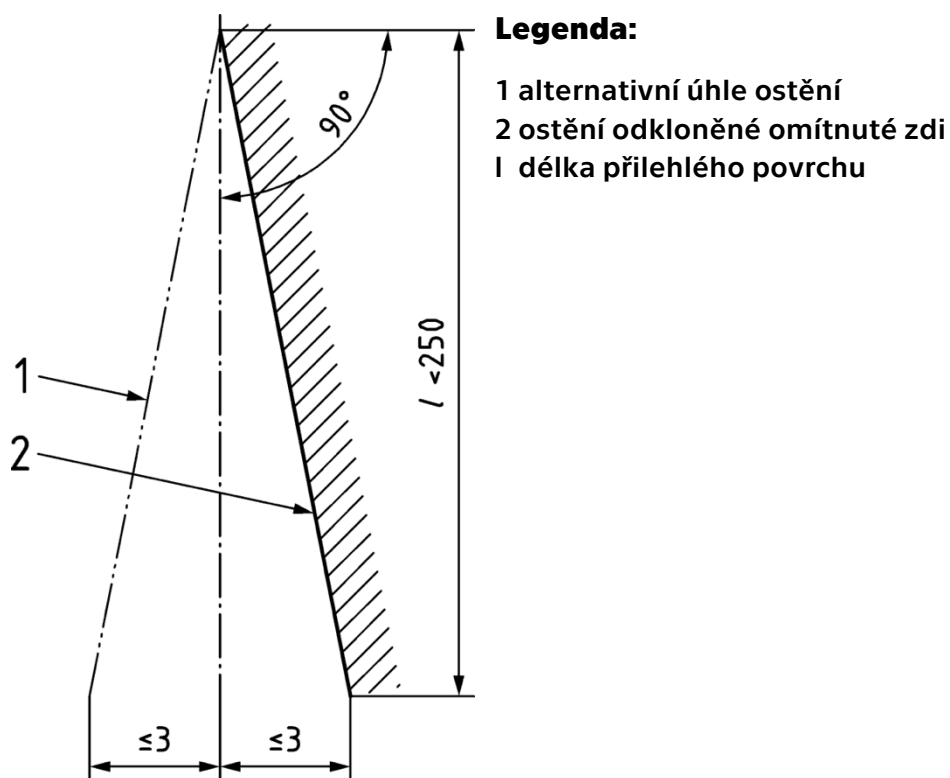
ČSN EN 13914-2 uvádí doporučené odchylky od pravého úhlu a ty jsou následující:

Tab. 8: Doporučené meze pro úhly dle ČSN EN 13914-2

Délka přilehlého povrchu L [m]	Odchylka od pravého úhlu [mm]
$L < 0,25$	3
$0,25 \leq L \leq 0,5$	5
$0,5 \leq L < 1$	6
$1 \leq L \leq 3$	8

[4]

Na následujícím obrázku je znázorněn příklad měření úhlů:



Obrázek 1: Příklad měření úhlu omítnutého ostění délky  $l$ , pro  $l$  menší než 0,25 m

Podobně jako u problematiky rovinnosti i zde se objevuje problém nesynchronizovanosti norem pro omítky a pro jejich podkladní konstrukce. Norma ČSN EN 1996 totiž stanovuje největší povolené odchylky svislosti stěn dle následující tabulky (Tab. 6):

Tab. 9: Největší povolené geometrické odchylky pro zděné prvky dle ČSN EN 1996

Svislost	Největší povolená odchylka
V rámci jednoho podlaží	$\pm 20$ mm
V rámci celkové výšky budovy o 3 a více podlaží	$\pm 50$ mm
Svislá souosost	$\pm 20$ mm

Opět je vhodné odkázat na doporučení Svazu výrobců suchých omítkových a maltových směsí ČR (SV SOMS). Ten uvádí, že platné technické normy umožňují velké tolerance geometrických parametrů podkladů a omítek, které již neodpovídají současným zvyklostem a běžně dosahované úrovni kvality prací v pozemním stavitelství. Pro sjednávání a posuzování odpovídající kvality doporučuje v nabídce i smlouvě o dílo výslovně uvést tyto hodnoty: [7]

Tab. 10: Doporučené odchylky dle SV SOMS

Odchylka svislosti podkladu v rámci jednoho podlaží:	Max. 15 mm
Odchylka podkladu od pravého úhlu měřená 60 cm úhelníkem:	5 mm
Odchylka konečné úpravy omítky od pravého úhlu měřená 60 cm úhelníkem:	2 mm

### 1.1.2.2 Estetické vlastnosti

Nároky na estetické vlastnosti omítek jsou ovlivněny subjektivním dojmem přebírající osoby. Jsou závislé na použitém materiálu, budoucímu účelu místností, a na náročnosti stavebníka. Proto je potřeba, aby se zhotovitel ujistil, že jsou veškeré podmínky srozumitelně uvedeny ve smlouvě o dílo, aby se zamezilo pozdějším neshodám, zdržení výstavby a peněžním ztrátám. [3]

#### 1.1.2.2.1 Struktura povrchu a její posuzování

Vizuální kontrola povrchu omítek by se měla provádět za podmínek co nejvíce se blížící podmínkám za provozu. Dle směrnice WTA 2-4-94 Hodnocení a sanace fasádních omítek s trhlinami se optické působení posuzuje za obvyklých pozorovacích podmínek (odstupová vzdálenost, úhel pohledu, osvětlení atd.). Do obvyklých pozorovacích podmínek nelze zahrnout např. vstup na zahradnicky upravenou plochu, vstup na blízkou střechu nebo použití žebříku či zvedací plošiny. [8]

V ČSN EN 13914-2 je uvedeno: „I když omítkový systém a jeho konečná úprava jsou prováděny vyučenými a svědomitými pracovníky, je omítání řemeslná činnost a mělo by se uznat, že není možno dosáhnout zcela hladké a bezvadné úpravy povrchu. Nátěrem se zvýrazní jakákoliv vlastní nepravidelnost povrchu. Takové malé vady se zvýrazní tím více, použijí-li se lesklé nebo pololesklé malby a zejména pokud je omítka vystavena silnému světlu nebo osvětlení pod malým úhlem. Proto takové způsoby konečné úpravy a osvětlení vyžadují dodatečná speciální opatření. Jinak ale menší vzniklé nepřesnosti mohou být přijatelné.“ [4]

Součástí normy ČSN EN 13914-2 je příloha A, která uvádí obecná doporučení pro návrh způsobu posouzení prací a podmínek pro přejímku konečné úpravy omítkou s hladkým povrchem a je v tomto znění:

### **A Osvětlení – obecná doporučení**

Protože obecná úroveň osvětlení může mít rozhodující vliv na konečnou povrchovou úpravu omítky, je pro takovou práci často nezbytná větší intenzita osvětlení. Použité osvětlení na stavbě při provádění omítky musí být stejné nebo intenzivnější, než bude při konečném trvalém používání omítky.

Vzhled povrchu může být také ovlivněn úhlem osvětlení, které může zvýraznit menší odchylky od roviny. Proto by mělo být možno směr dodatečného osvětlení nastavit.

Příklady problematických podmínek osvětlení jsou:

- přirozené světlo z oken nebo jiných otvorů;
- umělé světlo instalované těsně u zdí, rohové osvětlení atp. [4]

### **B Trhliny v omítce**

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví popisuje problematiku trhlin ve svých normách ČSN EN 13914-2 Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek a ČSN 73 3715 Navrhování, příprava a provádění vnitřních cementových a/nebo vápenných omítkových systémů. Další institucí zabývající se touto problematikou je Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky z.s. ve své směrnici WTA 2-4-94 Hodnocení a sanace fasádních omítek s trhlinami.

ČSN EN 13914-2 i v ČSN 73 3715 se téměř shodně uvádí, že omezené množství vlasových trhlin, včetně vlasových trhlin do tloušťky asi 0,2 mm není významné, neboť nesnižuje trvanlivost omítky. [4][5]

Směrnice WTA 2-4-94 rozebírá problematiku trhlin podrobněji, ale s podobným závěrem. Trhliny nejsou závada, pokud není ovlivněna technická a estetická funkce omítky. Nezávisle na šířce trhliny se jedná o závadu, když se okraje trhlin silně špiní a trhliny jsou proto dobře viditelné anebo když je ovlivněna technická funkce. [8]

## 1.2 Rešerše konvenčních omítacích technologií

Z historického hlediska, alespoň kam sahá lidské poznání, člověk omítal téměř každou budovu, kterou postavil. Z počátku se lidstvo inspirovalo přírodou a omítalo své příbytky za použití bahna, brzy ale přišlo na propracovanější metody. Jedny z nejstarších omítnutých konstrukcí, které archeologové objevili, jsou Egyptské pyramidy. Tyto omítky předčily i ty novodobé, neboť přetrvaly ve skvělém stavu více než 4 000 let. Z historických zdrojů víme, že dělníci kteří je prováděli, používali metody a nástroje téměř stejné jako dnešní zedníci. Staroegyptské omítky jsou dokonce vyztužené tkaninou podobné novodobé perlince.

Technologie omítání se ale přeci jen změnila, materiály prošli obrovským vývojem a nové moderní stroje jsou již běžně k vidění na většině větších staveb. [2, 9]



Obrázek 2: Hladítko z dob starého Egypta [10]

### 1.2.1 Omítky prováděné ručně

Ruční omítání je tradiční metoda, která prošla jen malým vývojem. Směs je smíchána v předepsaném poměru v míchačce nebo ručně. Směsi pro ruční provádění omítek většinou obsahují jen základní složky plnivo a pojivo bez většího množství aditiv. Z tohoto důvodu je materiál levnější než u strojního nanášení. Na podklad je omítková směs takzvaně „nahazována“ pomocí zednické lžíce. Tloušťka omítky se udržuje pomocí omítníků, podle kterých se čerstvá omítka stahuje latí. Finální rovnost omítky se dosáhne zatáhnutím takzvaným hladítkem. Vyspraví se i spáry po vyjmutých omítnících.

Tato technologie výroby je nejčastěji používaná na stavbách, kde není velký tlak na rychlost výstavby a v místech s levnou pracovní silou. Běžně se omítky provádějí ručně při výstavbě rodinných domů, obzvláště pak při výstavbě svépomocí.

Pozitiva této technologie jsou cena, možnost realizovat složitější tvary například u historických objektů, nízká náročnost na pomocná zařízení, možnost omítání a malých prostorů. Negativa jsou časová náročnost, větší pracovní čety a fluktuace kvality materiálu způsobená ručním mísením směsi pracovníkem. [1, 2, 9]



Obrázek 3: Strhávání latí [11]



Obrázek 4: Vyrovnávání hladítkem [12]



## 1.2.2 Omítky prováděné strojně

Jedná se o modernější technologii, i když jeden z prvních patentů na omítací stroj získal již v roce 1915 Carl Weber, kdy se ze zásobníku dopravuje suchá směs pneumaticky či šnekovým dopravníkem do omítacího stroje kde je směs smíchána s vodou, důkladně promíšena a čerpadlem tlačena potrubím do omítací pistole, kde je vzduchem rozstříkována na podkladní konstrukci. Do omítací směsi musí být přidána aditiva pro dosažení dostatečné vazkosti, přidrženosti a zadržení vody. Velký důraz je také kladen na skladbu zrnitostní křivky plniva, aby se zamezilo rozmísění směsi při dopravování do omítací pistole. Suchá směs může být do zásobníku omítacího stroje dopravena ze sila nebo dosypávána z pytlů.

Výhody strojního omítání jsou nižší pracnost (kratší doba provádění), menší náročnost na zdroje pracovní síly, vyšší kvalita z důvodu konzistentních vlastností směsi.

Nevýhody této technologie spočívají ve větších nárocích na prostor a uspořádání zařízení staveniště; potřeby připojení k síti elektrické energie (400V); nemožnosti omítání malých prostorů, ploch a složitých tvarů; nutnosti proškolení obsluhy omítací sestavy; nemožnosti aplikace tenkovrstvé omítky (10 mm a více) [1, 2, 13, 14]



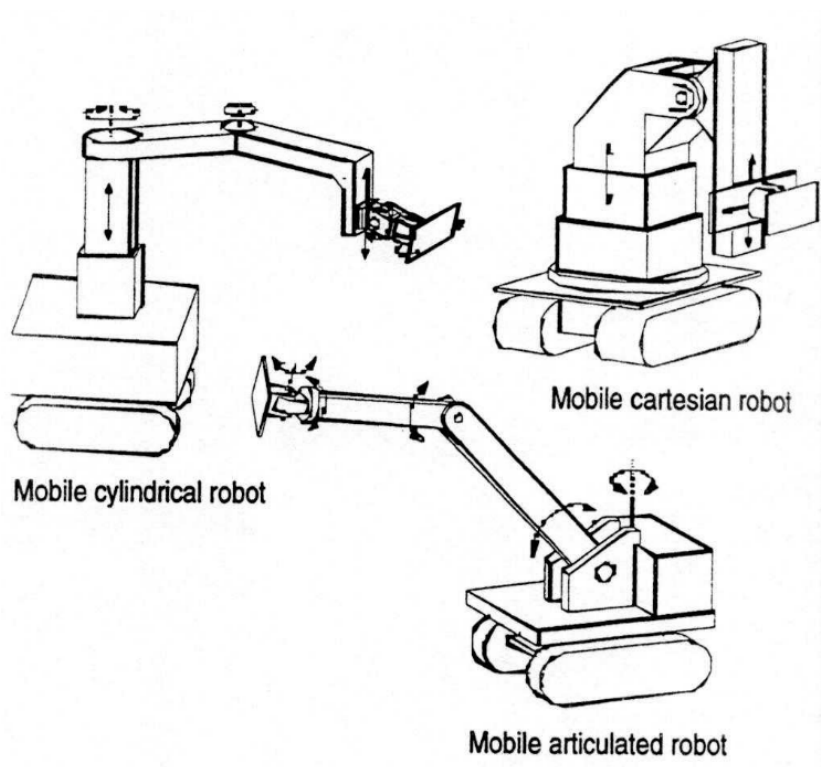
Obrázek 5: Silo se suchou směsí [14]



Obrázek 6: Strojní nanášení omítek [15]

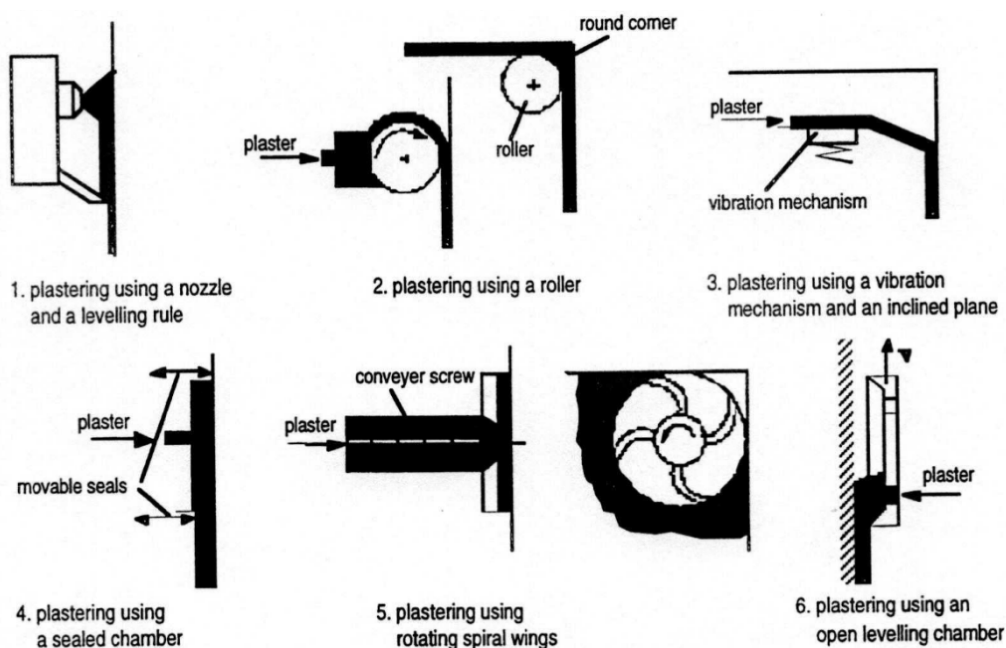
### 1.3 Rešerše robotických technologií s potenciálem možného využití pro omítání

V rámci rešerše byla prozkoumávána jak komerční, tak výzkumná sféra v České republice i ve světě. První akademické práce a výzkumy robotických systémů pro omítání jsou z 90. let minulého století. Týmy ze Stuttgartské university a z university ve švédském Luleå se zaměřovaly na základní funkce robota jako je pohyb, vybavení pro měření a nastavení polohy robota a tloušťky omítky a samotné nanášení omítací směsi a vyrovnávání. Přicházejí s různými alternativami řešení.



Obrázek 7: Návrhy řešení mobilního omítacího robota

[16]



[16]

Obrázek 8: Metody nanášení a zarovnání omítky

I přes zajímavé a slibné návrhy z 90. let, nebyl v rámci této rešerše nalezen realizovaný a na trhu dostupný prototyp, pravděpodobně z důvodu nedostatečně pokročilých technologií pro autonomní orientaci robota. [17]

Systémy dostupné na běžném trhu se objevují až později po roce 2010. Jedním z prvních je čínský projekt od firmy Foshan Tupo Machinery Manufacture.

## TUPO 9

Tento stroj nelze klasifikovat jako robotický či autonomní, ale je to technologie, která jistě má potenciál pro další vývoj a rozšíření o autonomní funkce, a ještě větší snížení potřeby lidské obsluhy.

Jedná se o stroj, který obsluha přistaví ke konstrukci a zafixuje stabilizační vzpěry. Stroj sám vysune hliníkové vzpěry, které se opírou o strop a drží stroj ve vertikální poloze. Poté musí obsluha naložit do výložníku omítací maltu (kapacita 250-300 kg) a pomocí jednoduchého dálkového ovládání spustit samotný omítací proces. Šroubovitě hrablo tlačí směs na pás, který ji dále dopraví do omítací „tlamy“. Tlama se pohybuje po hliníkových stojinách směrem vzhůru a omítka je hlazena výkyvnou latí v potřebné tloušťce na

stěnu. U stropu se tlama zastaví a hladící lať se sklopí rovnoběžně s povrchem a při pohybu dolů celý povrch urovná. Celý stroj je navržen tak aby prošel dveřmi 70 cm širokými. Systém TUPO je možné použít pouze na rovné plochy.

Výhodou systému je jednoduchá obsluha a ovládání, bohužel je ale potřeba velká součinnost člověka jak pro nakládání materiálu, tak pro samotné přesouvání stroje. Jako další nedostatek vidím, že záběr stroje začíná nejbližší 15 cm od spodní hrany stěny a také vzniká relativně velké množství ztraceného materiálu z důvodu odpadávání z tlamy. [18]



Obrázek 9: Systém TUPO 9



Obrázek 10: Systém TUPO 9 při práci

## **OKIBO**

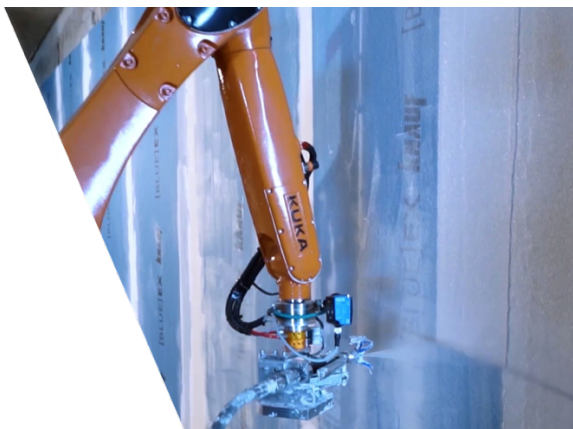
Okibo je Izraelský projekt dotažený již do komerční fáze, který by měl v blízké době vstoupit na otevřený trh. Tento systém je nejpokročilejší a nejautonomnější z dostupných strojů na trhu. Je založen na principu kloubového robota uloženého na kolovém podvozku. Samotné rameno robota je robotická ruka od firmy KUKA. Robot disponuje výkonnými 3D skenery, kterými zmapuje okolí, monitoruje progres své činnosti a porovnává informační model budovy s realitou. Díky pokročilým senzorům a AI algoritmům je potřeba jen minimální intervence lidské obsluhy.

Robotická ruka s průmyslovou přesností si vyměňuje aplikační pistoli za roztírací špachtli. V první fázi nanese pás omítací směsi na konstrukci, poté proběhne výměna nástrojů a špachtlí rozetře omítku do rovnoměrné perfektně rovné vrstvy. Před výměnou nástroje zpět na aplikační pistoli se špachtle očistí o od přebytečného materiálu. Robot je svým nástrojovým vybavením předurčen spíše k realizacím tenkovrstvých omítek na sádkartonové konstrukce či sádrových štuků.

Výhody robota jsou vysoká míra autonomnosti, přesnost a schopnost softwaru pracovat s informačním modelem stavby. Nevýhoda je úzké zaměření na tenkovrstvé omítky a štuky, a tím pádem neschopnost omítat zděné konstrukce. [19]



Obrázek 11: Robot OKIBO



Obrázek 12: OKIBO při nanášení omítací směsi



Obrázek 13: OKIBO při roztírání omítky

### **Robotický omítač od firmy ACME Equipment**

O tomto robotu se bohužel nepodařilo získat podrobnější informace. Z dostupného videa ze zkoušky tohoto stroje je však zřejmé, že se jedná o robotickou ruku od firmy Universal robot instalovanou na nemobilním podstavci s kolejkami. Ruka je v první fázi vybavena nanášecí pistolí a v druhé fázi stíracím nástavcem. Robot dosahuje dobrých výsledků jak v nanášecím procesu, tak ve fázi vyrovnávání. Zdá se, že se jedná o slibný prototyp, který je ale třeba dále rozvinout. Velká nevýhoda je nepohyblivý podstavec, je zde ale prostor pro standartní kolečkové řešení. Dále je potřeba robota vybavit zdvihacím mechanismem pro dosažení větší výšky záběru. Zdá se, že robot je schopný nanášet různé druhy omítek.

Je otázka, jakými, jestli nějakými, senzory či kamerami disponuje. Po vyřešení těchto nedostatků má tento robot potenciál být velmi autonomním strojem pro omítání. [20]





Obrázek 14: Robot ACME při nanášení omítky [20]



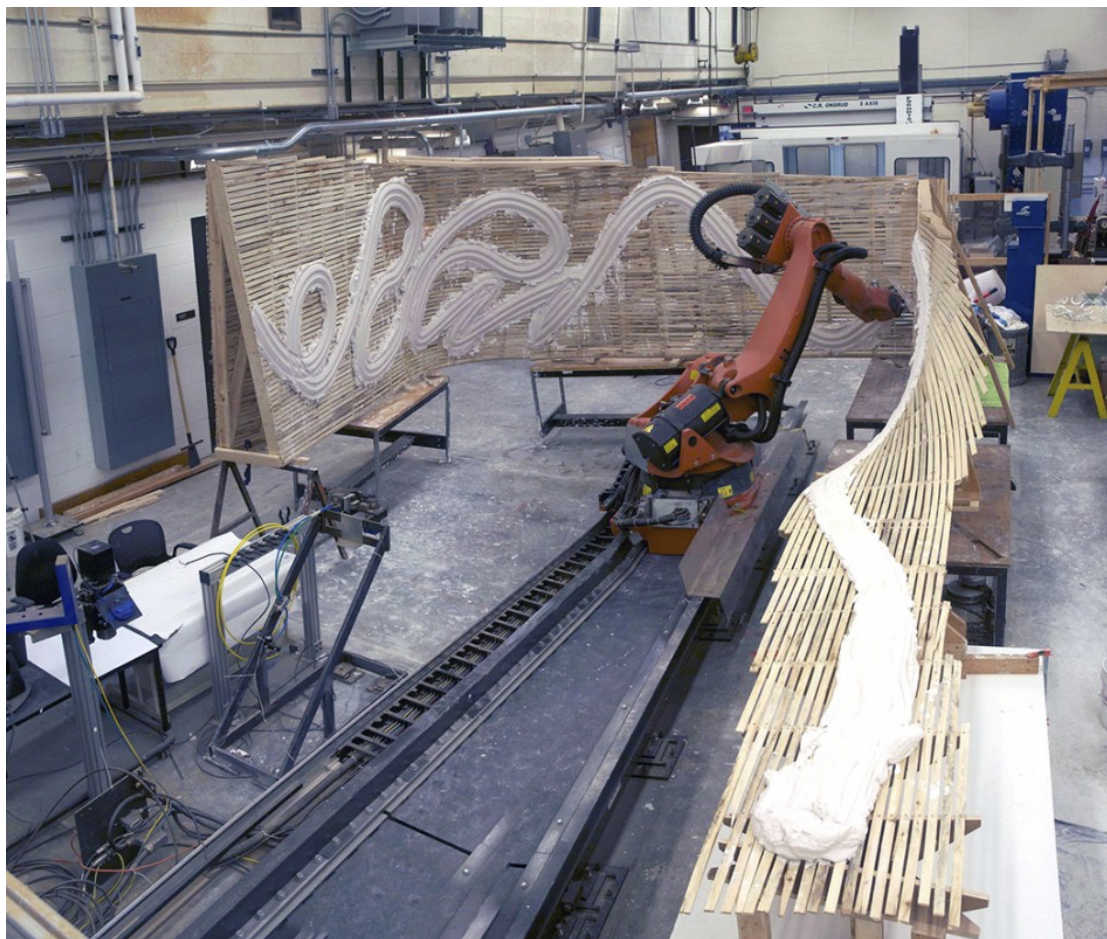
Obrázek 15: Robot ACME při vyrovnávání omítky [20]



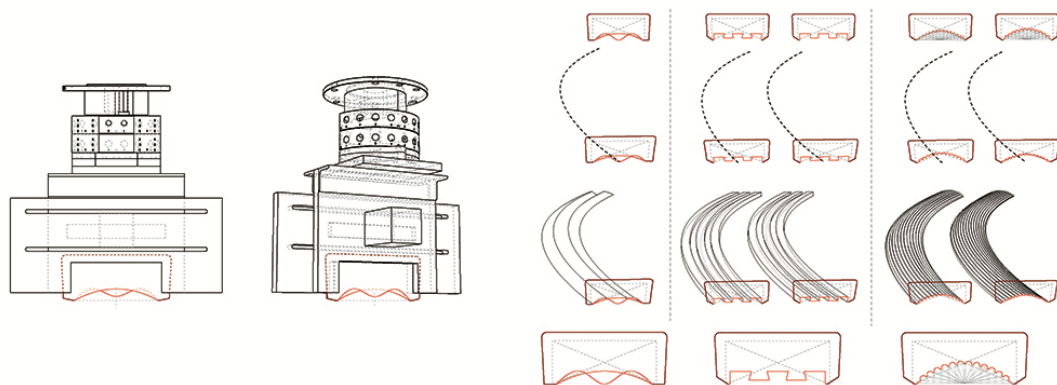
## Morphaux

Morphaux je projekt skupiny Archolab, která kombinuje architekturu s výzkumem moderních technologií na Michiganské univerzitě. Jedná se o robotickou ruku v kolejničovém pojezdu s možností nanášení a profilování sádrového štuky. Původně šlo spíše o umělecký projekt, u kterého se ale ukázal potenciál k použití při realizaci profilovaných sádrových štuků například na historických objektech. Robotická ruka nanese vrstvu sádrové hmoty a po výměně nástavce za profilovací nástroj zarovná štuk do požadovaného tvaru. Robot zatím nedisponuje žádnými senzory. Výhodou je variabilita tvarů profilovacího nástroje. Nevýhodou je kolejničový pojezd, který neumožňuje volný pohyb, absence senzorů pro kontrolu tloušťky a kvality omítky a chybějící zvedací zařízení pro dosažení vyšších míst.

[21, 22]



Obrázek 16: Morphaux při práci [21]



*Illustration of two knives to create a variable profile shape on a running mold.*

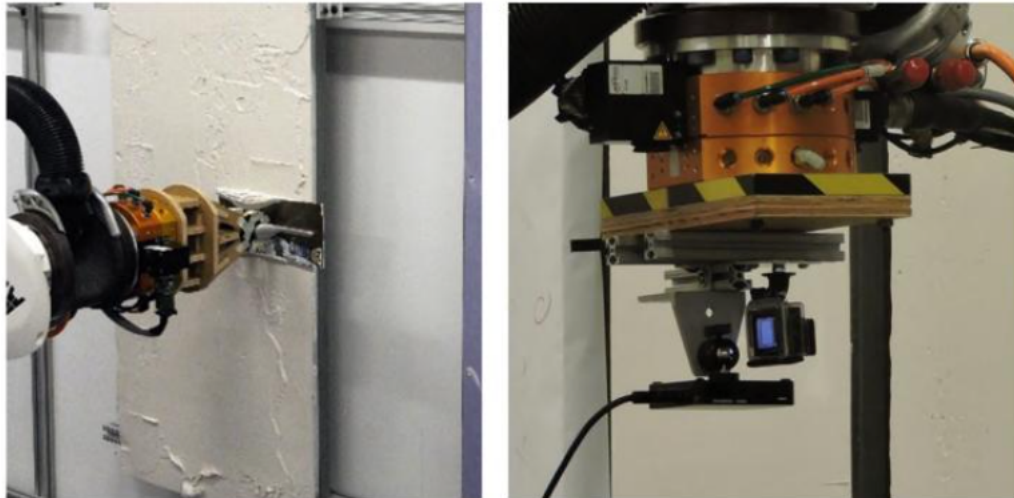
**Obrázek 17: Profilovací nástroj robota Morphaux [21]**

### **CNN obrazové porovnávání obrazů**

V tomto případě nejde o robota, ale o technologii, která úzce souvisí s touto problematikou a které se věnoval tým z Carnegie-Mellonovi univerzity. Jedná se o technologii založenou na takzvané konvoluční neuronové síti (CNN). CNN je hluboká neuronová síť, která se nejčastěji využívá pro porovnávání a rozpoznávání vizuálních obrazů, a která je schopna se učit s přibývajícími analyzovanými daty. Jsou velmi důležitým nástrojem pro strojové učení. [23, 24]

Tým pod vedením Joshui Barda se pokusil tuto technologii využít pro hodnocení povrchu omítnuté plochy. Robotická ruka nejdříve aplikovala omítku roztíracím nástavcem a poté za použití běžně dostupné kamery nasnímala povrch. S využitím softwaru Inception v3 od společnosti Google navrhli výzkumníci algoritmus pro porovnání obrazového vjemu zmiňovanou neuronovou sítí s data-setem již provedených omítek. Systém s velkou úspěšností dokázal rozeznat bezchybné povrchy a povrchy s chybami, u kterých zvládl i rozeznat druh nedokonalosti. Tuto technologii se univerzitní tým bude snažit aplikovat pro omítacího robota Morphaux a jistě je to technologie, která by byla použitelná na všech strojích zmiňovaných v této kapitole. Metod pro skenování povrchu je více, kombinující různá sensorická data a RGB kamery. Technologie CNN je však zdá se nejlevnější a hardwarově nenáročná, a proto její implementace do

systemů robotického provádění omítek skýtá veliký potenciál. Software instalovaný do robota by mohl říci, kde má omítka nedostatky a vrátit robota k napravení této chyby. [25]

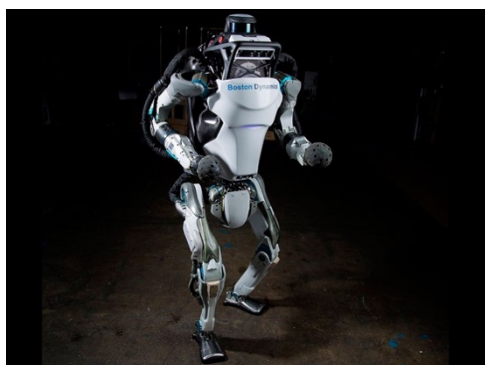


Obrázek 18: Nanášení omítky a snímání kamerou na robotické ruce [25]

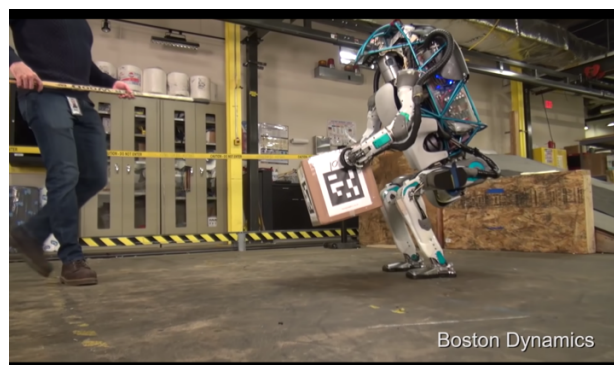
## Humanoidi

Je jisté, že pokud půjde vývoj robotů napodobující lidské pohyby takovou mírou kupředu jako v posledních letech, uvidíme brzy takové stroje, které zvládnou i takovou činnost, jako je provádění omítek. Motorika humanoidů bude srovnatelná s tou lidskou, ale výhodou takových robotů mohou být čidla a senzory, které disponují větší přesností a vlastnostmi, které předčí lidské smysly.

Například firma Boston Dynamics vyvíjí roboty, kteří jsou špičkou na trhu v pohybových schopnostech a balanci. Jejich robot s názvem Atlas zvládne v běhu skákat přes překážky, vydrží náraz jiného objektu a zvládne i kousky jako je salto vzad a nosí předměty až 5 kg těžké. [26, 27]



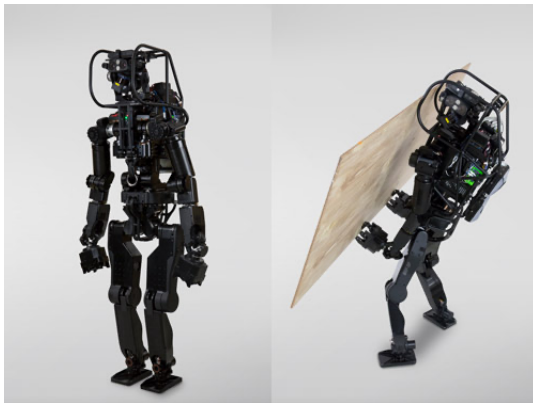
Obrázek 19: Robot Atlas od Boston Dynamics [27]



Obrázek 20: Atlas při zvedání objektu [26]



Robot HRP-5P vyvinutý japonským Národním institutem pro pokročilou průmyslovou vědu a technologie (AIST) je navržen tak, aby autonomně zvládnul těžkou ruční práci v náročném prostředí, jako je například stavba. Při experimentu robot úspěšně instaloval překližkové a sádkartonové desky na dřevěný příčkový rám. [28]



Obrázek 21: Robot HRP-5P [28]



Obrázek 22: HRP-5P připevňující překližkovou desku [28]

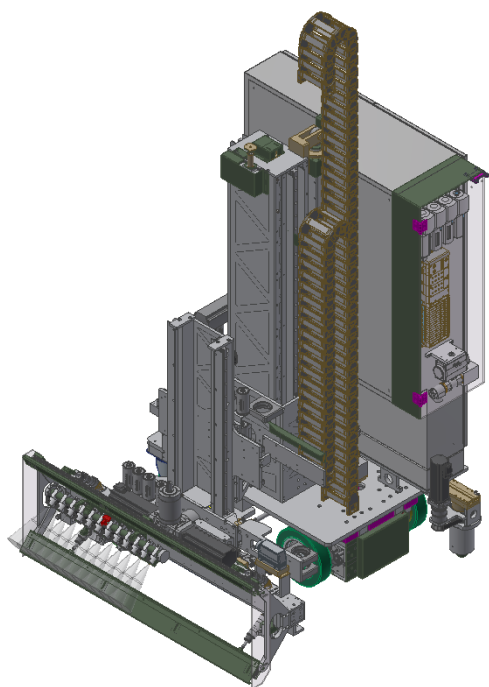
### **Omítkář**

Omítkář je český projekt firem Modia a R.U.R. Czech. Jde o částečně autonomní systém pro provádění omítek. Projekt je stále ve fázi vývoje, ale v roce 2021 by měly být realizovány pilotní projekty a robot by měl být připravený k distribuci. Stroj se pohybuje na kolovém podvozku, disponuje elektrickým pohonem a v současné době je možné jeho pohyb ovládat dálkovým ovládáním. Jádrem stroje tvoří box, který ukrývá počítačovou jednotku a pohonné motory pro pohyb a zvedání. Na boxu je připevněna takzvaná tlama, která je složena z horní a spodní hladící vibrační lišty a 12 nanášecích trysek (tzv. rail). Tlama se pohybuje ve vertikálním směru, natáčí se ve třech osách otáčení a vysunuje se dopředu a zpět.

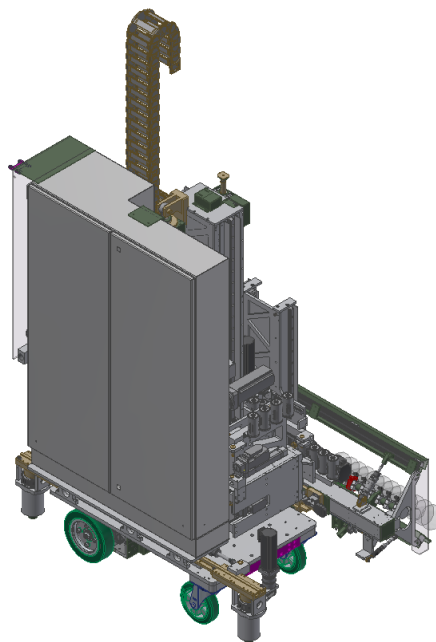
Robot se přistaví k omítané konstrukci a pomocí ultrazvukového čidla si naskenuje její povrch. Opěrné nohy v kombinaci s gyroskopickým čidlem zajišťují dokonalou svislost stroje. Nanášení omítací směsi probíhá od spodu nahoru ve dvou pásech širokých 60 cm a poté je omítka uhlazena do požadované tloušťky latěmi širokými 120 cm tahem od spodu nahoru a poté i při návratu dolu. Po skončení hlazení je povrch znovu skenován ultrazvukovým čidlem pro kontrolu tloušťky a povrchu.

Na vrchu robota je mechanické čidlo, které se sepne při kontaktu se stropem. Záběr robota začíná u spodní hrany stěny a končí 1 cm pod horní hranou, a to až v dosažitelné výšce 3 metrů.

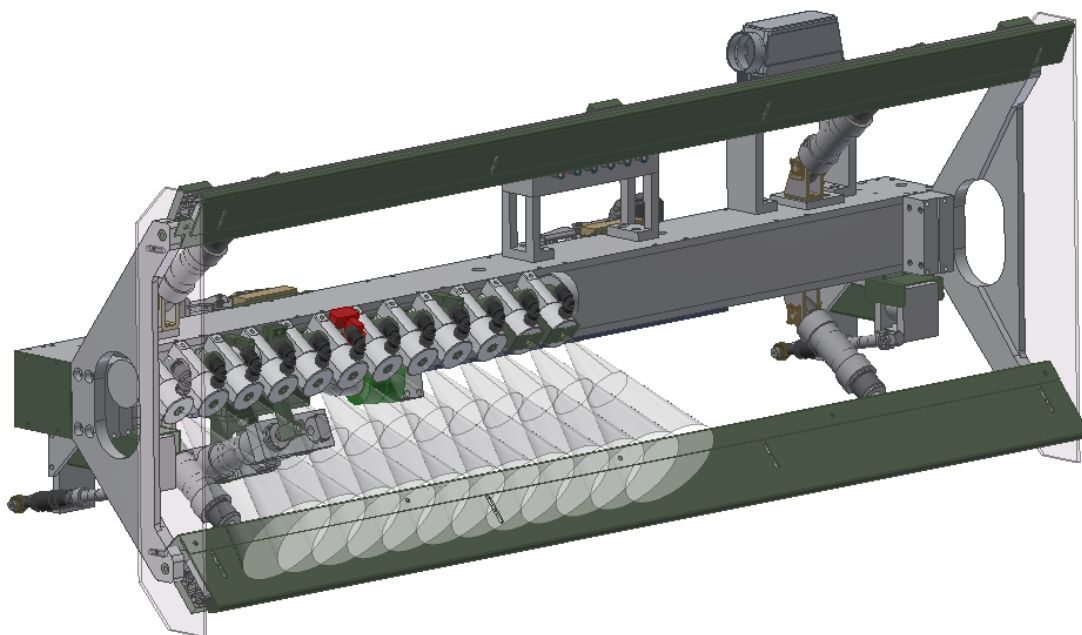
Celý stroj je navržen tak, aby prošel 80 cm širokými dveřmi a váží 450 kg. Pro jeho chod je zapotřebí připojení na el. zdroj 400 V, přivedené potrubí s mokrou omítací směsí a napojení na vzduch z kompresoru. Výhodou tohoto stroje oproti stroji Tupo 9 je schopnost udržení stability a svislosti i bez rozepření mezi podlahou a stropem, větší samostatnost pohybu a čidla pro skenování povrchu. Proti stroji OKIBO je stroj univerzálnější svou schopností realizovat více druhů omítky o různých tloušťkách.



Obrázek 23: Robot Omítkař



Obrázek 24: Robot omítkař-2



Obrázek 25: "Tlama" s nanášecím railem a stíracími lištami

Robot musí být napojen na silný kompresor (Atlas Copco GA15) a na míchací stroj Duo-mix. Do samotného Duo-mixu může být suchá omítací směs sypána z pytlů, či ze skladovacího sila na suché malty.



Obrázek 26: Kompresor Atlas Copco GA15 [29]



Obrázek 27: Omítačka Duo-mix [30]

Do budoucna je možné stroj obohatit o schopnosti, které zvětší stupeň jeho autonomie. Jedna z takových schopností by mohla být možnost orientace na staveništi díky čtení informačního modelu budovy a schopnost z tohoto modelu určit tloušťku plánované omítky, což dnes musí manuálně zadat obsluha. Robot svými schopnostmi zvládne omítnout pouze jednodušší rovné plochy a většina realizovaných staveb má aspoň nějaké procento omítaných ploch složitějších tvarů. Praktická část této práce ověří výhodnost využití tohoto stroje při různých poměrech ploch proveditelných Omítkářem a ploch proveditelných pouze konvenčními metodami.

## **2 Praktická část**

Autor této práce má přístup k projektu vývoje a testování omítacího robota Omítkář, v jehož rámci byly provedeny základní zkoušky funkčnosti systému a provedeny prvotní kalkulace z důvodu ověření smysluplnosti projektu. Dosud nebyla provedena kalkulace, ani experimentálně ověřeny náklady na použití této technologie při omítání. Tato práce zpracovává právě takový základní propočet nákladů na využití této technologie při realizaci staveb, technologický postup a porovnává výhody a nevýhody oproti tradičním postupům realizace omítek, a především stanovuje podmínky pro efektivní použití tohoto robota. Funkčnost systému Omítkáře dosud nedovoluje omítání stropů, takže se praktická část této práce soustřeďuje na omítání svislých konstrukcí.

Pro vytvoření technologického postupu byla vybrána stavba, pro kterou autor práce zpracoval stavebně-technologický projekt v rámci bakalářské práce a měl tedy přístup k celkové projektové dokumentaci. Stavba se se svou velikostí a tvarem dá zařadit mezi typické projekty bytových domů, což byl další důvod pro zpracování technologického postupu právě na tuto stavbu.



## **2.1 Návrh technologického postupu robotického omítání**

### **1 Identifikační údaje stavby**

#### **a. Název stavby:**

Bytový dům Park Rokytka

#### **b. Místo stavby:**

Za Lidovým domem, Praha 9- Vysočany

Pozemky parc. č. 1019/4, 1025/12, 1025/13, 1025/14, 1025/15, 1025/53, 1025/54, 2146/6, katastrální území Vysočany

#### **c. Předmět dokumentace:**

Technologický postup při realizaci vnitřních omítek stěn za využití robotického systému Omítkář.

### **2 Dokumentace pro provádění**

- Dílo bude provedeno dle platné projektové dokumentace zpracované firmou Ateliér Daďa a na základě příslušných technických a právních předpisů a norem:
- ČSN EN 13914-2: Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek
- ČSN 73 3715: Navrhování, příprava a provádění vnitřních cementových a/nebo vápenných omítkových systémů
- ČSN EN 1996-2: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí

### **3 Vstupní materiály a výrobky**

#### **a. Výpis materiálů**

- Vnitřní sádrová omítka
- Penetrace
- Rohové lišty

### **4 Mechanizace, stroje, nářadí a dočasné konstrukce**

#### **a. Stroje a přístroje, pracovní pomůcky**

- Dopravní pomůcky
  1. Stavební výtah
  
- Omítání
  1. Silo s omítkovou směsí
  2. Omítačka
  3. Kompresor
  4. Robot Omítkář
  
- Pomůcky BOZP
  1. Pracovní oděv
  2. Pevná obuv
  3. Přilba
  4. Ochranné brýle
  5. Rukavice

#### **b. Dočasné konstrukce a vybavení ZS**

Pro zajištění bezpečnosti bude zřízeno bezpečnostní zábradlí na hranách pádu do prostupů a šachet. Zábradlí bude výšky min 1,1 m od hrany pádu.

Pro dopravení robota do vyšších pater bude k dispozici stavební výtah s nosností min. 500 Kg.

Na staveništi bude možnost připojení ke zdroji el. energie o napětí 380 V.

Předpokládá se přípojka na pitnou vodu a elektrickou energii, zázemí pro pracovníky a kancelář stavbyvedoucího, hygienické zázemí, potřebné skladovací plochy (uzavíratelné sklady, skládky materiálu).

## **5 Pracovní podmínky**

### **a. Připravenost staveniště**

Pracoviště přebírá obsluha Omítkáře, která bude provádět omítání vnitřních prostor. Před zahájením omítání musí být kompletně hotová hrubá stavba, dokončené a vyzrálé svislé nosné konstrukce a příčky, hotové podkladní vrstvy podlah, zastropení podlaží, včetně zastřešení stavby, provedeny veškeré instalace včetně jejich odzkoušení, hotové rozvaděče elektřiny a vypínače vyplněny papírem, osazení ocelových zárubní dveří a rámu oken bez křídel. Podklad pro provádění omítek musí být očištěný, bez prachu a pevný. Při převímce od předchozí čety se kontroluje soulad provedené stavby s projektovou dokumentací. Kontroluje se pevnost a rovnost zdiva (rovinnost 10 mm na 2 m a svislost 15 mm/ 1 patro) a stropu a provedení všech prací. Před prováděním vnitřních omítek musí být skončeny hrubé instalace ÚT, vodovodu, nízkého napětí a plynu, konzoly pro upevnění truhlářských výrobků. Vedení instalací nesmí přesahovat líc podkladových ploch.

Před zahájením omítání je třeba dbát na úklid obzvláště na přístupových komunikacích/chodbách vedoucích k omítaným prostorům z důvodu možnosti průjezdu robota.

### **b. Klimatické podmínky**

Teplota v prostorách, ve kterých bude probíhat omítání nesmí klesnout pod 5°C. Nežádoucí je i průvan.

### **c. Struktura pracovní čety**

Četa se bude skládat z vyškoleného pracovníka obsluhy robota a z pomocného dělníka.

### **d. Pracovní prostor**

Práce budou prováděny po patrech od zdola nahoru po jednotlivých místnostech směrem zleva doprava.

## **6 Pracovní postup**

### **a. Postup prací**

- Převzetí staveniště, zaměření podkladní konstrukce a kontrola rovinnosti a svislosti
- Vyklizení pracoviště a přístupové komunikace (min. Průjezdná šířka 80 cm), doprava materiálu, příprava strojní sestavy
- Příprava podkladu – podklad je vyzrálý, nosný, suchý, čistý, bezprašný, bez mastnot
- Penetrace podkladu
- Osazení rohových profilů
- Zakrytí oken
- Proškolená obsluha dovede robota na pracoviště pomocí dálkového ovládání
- Propláchnutí strojní sestavy maltovým mlékem
- Nastavení konzistence malty
- Nastavení vstupních údajů robota
- Přistavení robota ke konstrukci
- Spuštění procesu robota
- Provedení ručních/strojních omítek složitějších tvarů
- Čištění robota před zaschnutí zbytků omítací malty v systému
- Kontrola provedené omítky – Vizuální kontrola povrchu, kontrola rovinnosti dvoumetrovou latí, kontrola svislosti pomocí olovnice
- Navlhčení povrchu
- Technologická pauza 2 dny – zabránit větrání (náběh pevnosti)
- Technologická pauza 7 dní – větrání
- Předání omítek a výstupní kontrola

## **b. Body kontrolního plánu**

**K1 – Kontrola polohy, rovinnosti a svislosti konstrukce**

- Kontroluje vedoucí omítkářů

**K2 – Vizuální kontrola podkladu**

- Kontroluje vedoucí čety

**K3 – Kontrola povrchu, rovinnosti a svislosti provedené omítky**

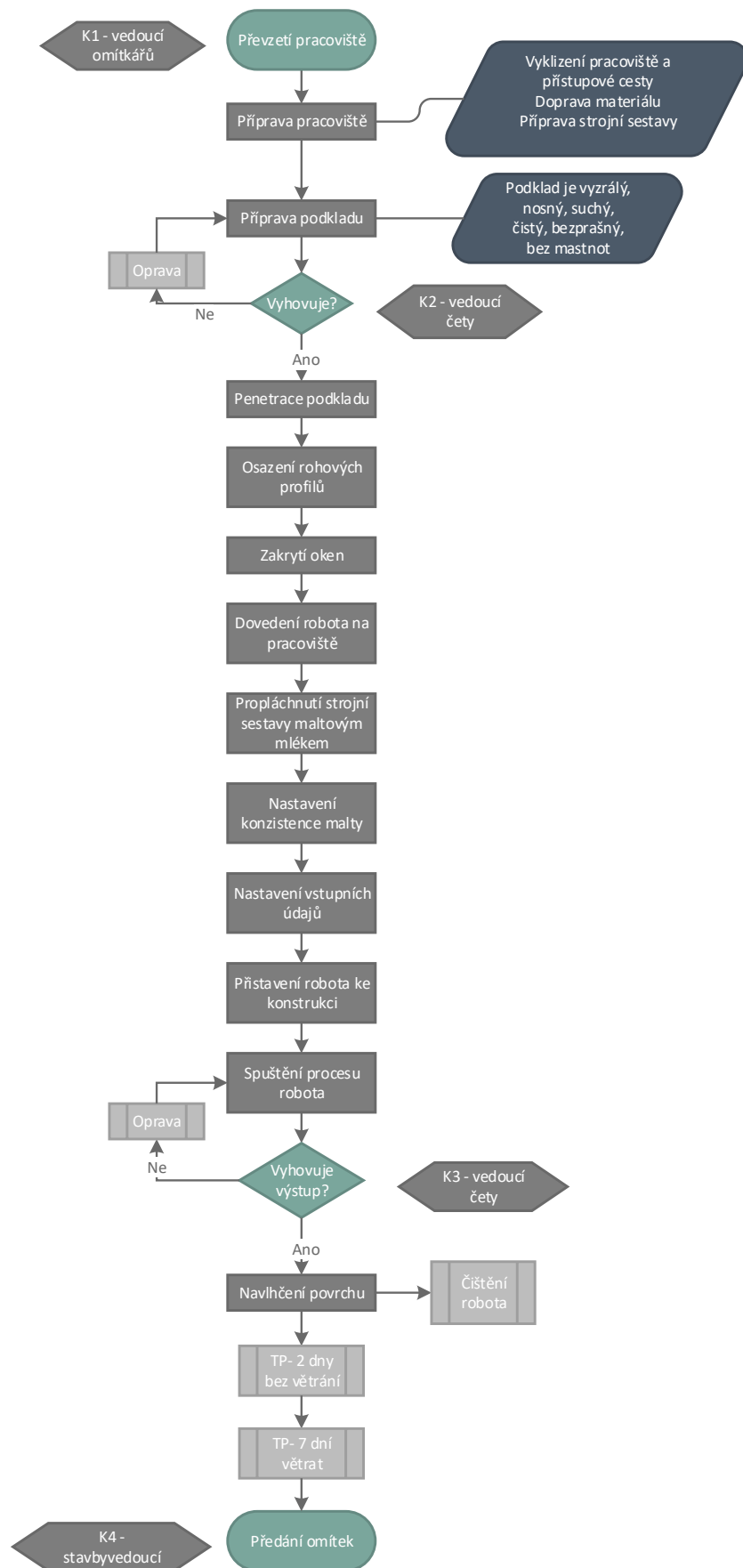
- Kontroluje vedoucí čety

**K4 – Výstupní kontrola provedení dle požadavků**

- Kontroluje stavbyvedoucí

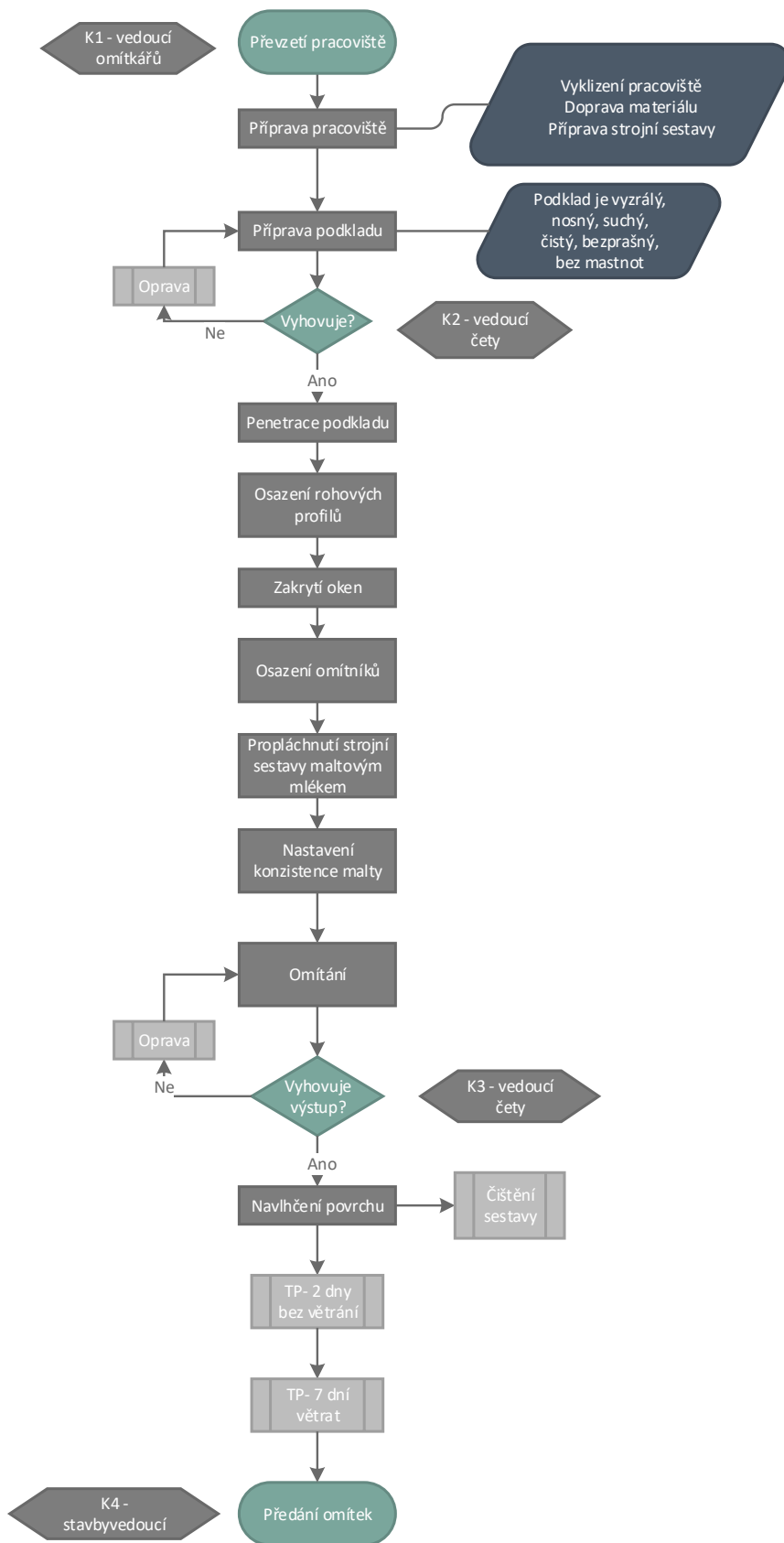
### c. Pracovní diagram omítání s využitím omítání Omítkaře

Pracovní diagram  
robotického omítání



## Pracovní diagram strojního omítání pro porovnání

Pracovní diagram  
strojního omítání



## **7 Kontrola jakosti**

### **a. Mezioperační kontrola**

- Kontrola správné konzistence omítkové směsi
- Kontrola rovinnosti omítek – pomocí dvoumetrové latě – nejvyšší povolené odchylky jsou 5 mm na 2 m
- Kontrola pravého úhlu – pomocí 60 cm dlouhého úhelníku – nejvyšší povolené odchylky jsou 2 mm od pravého úhlu

### **b. Výstupní kontrola**

- Omítka je provedena v souladu s platnými normami. Na provedení bude osobně dohlížet stavbyvedoucí nebo jím pověřený mistr. Bude osobně kontrolovat dodržování technologického postupu a přesné dodržení rozměrů.
- Technický dozor investora (TDI) bude dohlížet na technologické postupy a také na kvalitu provedené práce. Vše bude zapsáno do stavebního deníku.
- Kontrola rovinnosti omítek – pomocí dvoumetrové latě – nejvyšší povolené odchylky jsou 5 mm na 2 m
- Kontrola pravého úhlu – pomocí 60 cm dlouhého úhelníku – nejvyšší povolené odchylky jsou 2 mm od pravého úhlu



## **8 Zásobování, logistika, skladování**

### **a. Zásady manipulace, dopravy a skladování materiálu**

Suchá omítková směs bude dopravena na staveniště a uložena v transportním silu m-tec o kapacitě 22,5 m<sup>3</sup>. Ostatní materiály jako jsou lišty a penetrace budou uloženy v zakrytém skladu materiálu. Dodávku přebírá mistr, který odpovídá za přejímané množství materiálu. Množství materiálu bude odpovídat množství potřebnému na celé omítky. Zásobování bude probíhat vždy po předchozí domluvě dle aktuální potřeby.

S robotem bude manipulovat pouze pověřená osoba a uchováván bude v suchém, krytém, uzamykatelném skladu.

### **b. Metody kontroly kvality materiálu při převzetí na stavbě**

Při převzetí materiálu provede mistr kontrolu údajů o typu, vlastnostech a množství materiálu v dodacím listu. Za pravdivost údajů ručí dodavatel materiálu.

## **9 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci a požární ochrana**

### **a. Konkrétní vymezení jednotlivých opatření pro zajištění BOZP a PO**

Zhotovitel zajistí, aby obsluhu Omítkáře prováděla pouze proškolená, odborně způsobilá fyzická osoba, a aby práce spojené s manipulací s omítkou neprováděly fyzické osoby, které nejsou seznámeny s technologickým postupem a s návodem na používání příslušného zařízení.

Tab. 11: Identifikace rizik, opatření a první pomoc

<b>Riziko</b>	<b>Opatření k omezení rizika</b>
<b>Rizika spojená s prací s robotem a omítací soupravou</b>	
Úraz el. proudem	Kontrola, revize, správné užívání, dokumentace stavby
Pohmoždění	Zvýšená opatrnost, uzavření prostoru okolo robota, proškolení
Pád do šachty, či do volného prostoru	Ochrana hrany pádu
Zasažení dýchacích cest, očí, pokožky, trávení omítací směsí	OOPP – pracovní oděv, rukavice, brýle, respirátor, nekonzumování potravin na staveništi
<b>Všeobecná rizika</b>	
Dopravní nehoda + srážka s mechanizací	Reflexní vesta, vytyčení ochranného pásma
Zakopnutí	Označení překážek, úklid staveniště
Požár na stavbě	Vymezení kuřáckého prostoru, revize elektroinstalací
Zranění končetin	OOPP – pracovní nepropíchnutelná obuv, rukavice, pracovní oděv, dlouhý rukáv
Úraz padajícím předmětem	OOPP – helma

**Požadované OOPP:**

- Bezpečnostní obuv s ochranou proti propíchnutí
- Pracovní oděv
- Přilba
- Ochranné brýle
- Reflexní vesta
- Rukavice

**Prvky kolektivní ochrany:**

- Zábradlí kolem hran pádu výšky 1,1 m
- Zakrytí otvorů a šachet dostatečně únosným záklopem
- Vymezení ochranného pásma strojů a pracovního prostoru robota
- Zábradlí kolem výkopů

Vstup na stavbu bude z buňkoviště zajištěn pomocí stávajících chodníků v okolí. Vstup bude jasně a zřetelně označen dopravním a bezpečnostním značením. Staveniště i buňkoviště bude oploceno mobilním oplocením. Přístup na pracoviště bude zajištěn pomocí stavebního výtahu a zhotovených schodišť. Úniková cesta je plánována po schodišti, které vede z 5. až do 1. NP. Na pracovišti budou k dispozici 2 hasicí přístroje pro případ požáru a bude zde zřízeno místo první pomoci s lékárníčkou a nosítky a pohotovostním telefonem pro ohlášení požáru nebo pro první pomoc. V každém patře bude umístěn rozvaděč pro napojení na el. energii. Na pracovištích, dopravních, únikových a zásahových cestách, jakož i skladovacích plochách je nutné dodržovat minimální předepsané požadavky pro osvětlení na stavbě. Je povoleno použití přídavného osvětlení bateriovými svítilnami. Se všemi stroji a mechanizací mohou zacházet pouze patřičně proškolené osoby znalé veškerého ovládání. Při dálkovém ovládání stroje při pohybu po stavbě bude řídicí obsluha kontrolovat, že do cesty robota nevstupují nepovolané osoby, při autonomním omítání bude vymezen nebezpečný pracovní prostor (většinou právě prováděná místnost), do kterého smí vstupovat pouze obsluha robota a proškolení pracovníci provádějící dokončovací omítání složitějších detailů. Stroje a mechanizace smí být výhradně používána pro práci, ke které je určena.

Všechny požadavky musí být v souladu s těmito předpisy:

**BOZP**

- Zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)

- Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky
- Nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích
- Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí

## **PO**

- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně
- Vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)

[31–33]

### **b. Vymezení zodpovědnosti za dodržení těchto podmínek**

Odpovědnost za dodržení těchto podmínek má zaměstnavatel a stavbyvedoucí. BOZP dle zákona č. 309/2006 Sb. Každý pracovník, který se podílí na přípravě, organizaci, řízení a provádění stavebních prací, musí mít potřebné znalosti k zajištění bezpečnosti práce. Zhotovitel stavebních prací je povinen všechny tyto pracovníky vyškolit, nebo zajistit jejich vyškolení, z předpisů k zajištění bezpečnosti práce a na technických zařízeních, popřípadě prakticky zaučit, a to v rozsahu potřebném pro výkon jejich práce. Současně je jeho povinností ověřovat jejich znalosti. Zaměstnává-li zaměstnavatel: a) nejvýše 25 zaměstnanců, může zajišťovat úkoly v prevenci rizik sám, má-li k tomu potřebné znalosti, b) 26 až 500 zaměstnanců, může zajišťovat úkoly v prevenci rizik sám, je-li k tomu odborně způsobilý, nebo jednou nebo více odborně způsobilými osobami, V ostatních případech je povinen zajistit tyto úkoly odborně způsobilým zaměstnancem, kterého zaměstnává v pracovněprávním vztahu. Nemá-li takového zaměstnance, je povinen zajistit je jinou odborně způsobilou osobou. Budou-li na staveništi působit zaměstnanci více než jednoho zhotovitele stavby, je zadavatel stavby povinen určit potřebný počet koordinátorů bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na staveništi (vyjma stavby svépomocí, stavby bez stavebního povolení, či ohlášení, nebo pokud není dle zákona potřeba podávat oznámení o zahájení).

PO dle zákona č. 133/1985 Sb. Plnění povinností PO mohou zabezpečovat pouze odborně způsobilé osoby. Odborně způsobilými osobami se rozumí znalci a znalecké ústavy v základním oboru požární ochrany zapsaní v seznamu znalců a znaleckých ústavů vedených krajskými soudy, fyzické osoby, které jsou absolventy škol požární ochrany nebo absolventy vysokoškolského studia, jehož součástí je ověřovací program pro odbornou způsobilost na úseku požární ochrany schválený ministerstvem, nebo fyzické osoby, které složily zkoušku odborné způsobilosti před komisí ustavenou ministerstvem. Za odborně způsobilé osoby se považují též příslušníci Hasičského záchranného sboru České republiky vykonávající funkce stanovené prováděcím předpisem k zákonu o hasičském záchranném sboru.

[31–33]

## 10 Ochrana okolí a životního prostředí

### a. Možnosti poškození životního prostředí, návrh ochrany

#### Odpady

Při provádění omítek vznikne z hlediska zákona č. 185/2001 Sb. odpad. Je povinností omezení vzniku nevyužitelných odpadů na minimum. Odpady jako plast a papír se zařadí podle Katalogu odpadů a po dohodě s místní technickou službou se odvezou na skládku. Je nutné mít prohlášení o likvidaci odpadu. Je přísně zakázáno vylévání a vysypávání odpadů do vodních toků a zákaz vypouštění toxických odpadů.

Je zapotřebí zajistit ochranu stávajících konstrukcí, aby nedošlo k jejich poškození při provádění prací a tím tak ke vzniku zbytečného odpadu. Ochranu zajistíme pomocí ochranných igelitových plachet.

[34]

Tab. 12: Zatřídění dle Katalogu odpadů (vyhl. č. 93/2016 Sb.)[34]

Katalog. č.	Kat.	Druh odpadu	Nakládání s odpadem
10 13 11	O	Odpady z jiných směsných materiálů neuvedené pod č. 10 13 09 a 10 13 10	Odvoz na skládku – autorizovanou firmou
15 01 01	Pap	Papírové a lepenkové obaly	Odvoz k recyklaci
15 01 02	PI	Plastové obaly	Odvoz k recyklaci
15 01 10	N	Obaly obsahující zbytky nebezpečných látek, nebo obaly těmito látkami znečištěné	Odvoz autorizovanou firmou
17 09 04	S	Směsné stavební a demoliční odpady neuvedené pod čísly 17 09 01, 17 09 02, 17 09 03	Odvoz na skládku
20 03 01	O	Směsný odpad	Odvoz autorizovanou firmou

## **Hluk**

Nepředpokládá se narušení z důvodu nadměrného hluku.

## **Vodní hospodářství**

Nepředpokládá se narušení vodního hospodářství.

## **Prašnost**

Případné nečistoty na vozovce vzniklé nákladním vozidlem dopravujícím materiál na stavenišť, či jinou činností budou na konci směny uklizeny lopatou, příp. stříkány vodou.

## **Rozdíly proti strojnímu omítání**

Hlavní rozdíly spočívají v nutnosti proškolení pracovníků obsluhujících robota a pracujících souběžně s ním na stejném pracovišti. Dále je u robotické technologie kladen větší důraz na pořádek na staveništi z důvodu průjezdné šířky robota. U samotného pracovního postupu omítání vidím rozdíl v nutnosti osazení omítníků při strojním omítání a nastavení vstupních údajů u robotického omítání. Dále nutnost vymezení nebezpečného prostoru robota.

## 2.2 Praktická zkouška robota a výpočty výkonu a nákladů

Při zkoušce robota u cvičné zdi, byly v rámci experimentální části práce změřeny časy jednotlivých pohybů robota, z kterých jsou vypočteny hodnoty výkonu tohoto stroje.

Zkouška probíhala v místě vývoje robota na 3 m vysoké zděné stěně.

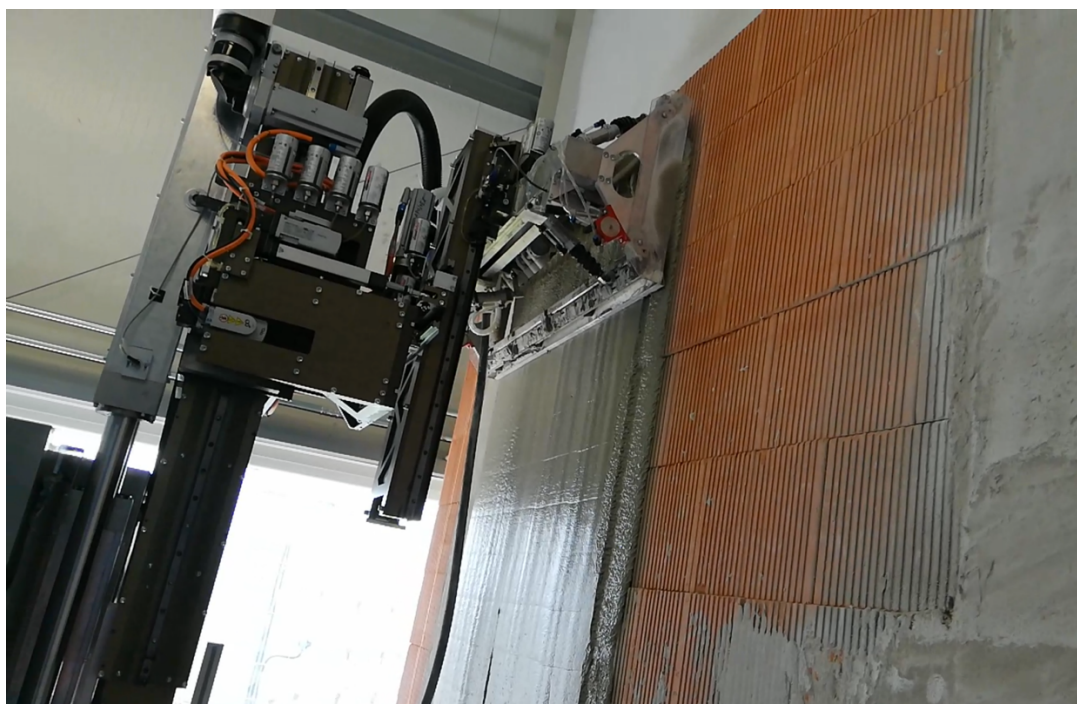
Proces začíná přistavením robota ke stěně pomocí dálkového ovládání. Robot si sám nastaví přesný odstup a rovnoběžný postoj ke stěně. Do ovládacího tabletu se zanesou vstupní údaje, kterými jsou výška záběru, tloušťka omítky, šířka omítané plochy a mód omítání (přesná svislost/kopírování povrchu). Robot si poté naskenuje omítaný povrch a zjistí nejbližší bod od kterého bude počítat tloušťku omítky.

Nanášení probíhá ve dvou záběrech pomocí 60 cm širokého railu s 12 tryskami. Každý záběr s nanášením od spodu nahoru a navrácením se do spodní polohy trval 90 s. Následné stírání již probíhá jedním záběrem celou 120 cm širokou „tlamou“ s lištami a trvá také 90 s. Přejetí do polohy pro druhý pás omítání trvá 10 s.



Obrázek 28: Nástřik omítky malty





Obrázek 29: Setření omítky do požadované tloušťky

### Výpočty

Čas: 1. pás nástřiku + 2. pás nástřiku + vyrovnání + přejezd robota =  
 $90 \text{ s} + 90 \text{ s} + 90 \text{ s} + 10 \text{ s} = 280 \text{ s} = 0,078 \text{ h}$

Plocha: šířka nanášení x výška stěny  
 $120 \text{ cm} \times 300 \text{ cm} = 36\,000 \text{ cm}^2 = 3,6 \text{ m}^2$

Výkon: plocha/čas  
 $3,6 \text{ m}^2 / 0,078 \text{ h} = 46,15 \text{ m}^2/\text{h}$

Pracnost: čas/plocha  
 $0,078 \text{ h} / 3,6 \text{ m}^2 = 0,022 \text{ h}/\text{m}^2 \text{ (Sh)}$

Propočet ceny provedení 1 m<sup>2</sup> omítek touto technologií byl proveden pomocí softwaru EuroCalc od společnosti Callida. Vycházelo se z rozpočtové položky „Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně“ a byly upraveny hodnoty v kalkulačním vzorci, aby odpovídaly použití technologie Omítkáře. Byl například změněn počet pracovníků a upravena normohodina jejich činnosti a především mzda, neboť půjde o proškolené pracovníky. Jako zdroje strojů bylo použito omítací zařízení s podobným výkonem jako Omítkář a omítačka na maltu s kompresorem. Vypočtené ceny za m<sup>2</sup> pro konvenční technologie i pro technologii Omítkáře viz Obr. 30.

Popis	MJ	Jedn. cena
Klikněte zde pro definování filtru		
<b>SO_01: Stavební objekt 01</b>		
<b>006: Úpravy povrchu</b>		
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená ručně	m2	181,80
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená strojně	m2	154,84
Vápenocementová omítka hladká jednovrstvá vnitřních stěn nanášená roboticky	m2	135,86

Obrázek 30: Vypočtené ceny za m2 v programu EuroCalc

Plný popis	MJ	Množ	Výkon	Jedn. cena
Voda pitná pro ostatní odběratele	m3	0,0053	-	40,40
Směs maltová suchá Cemix 012j strojní jádrová jemná 0,7 mm	t	0,0132	-	5 320,00
<b>0,14...</b>				
Dělník, tarifní stupnice/třída 3/1	Nh	0,0700	14,286	100,00
Dělník, tarifní stupnice/třída 5/4	Nh	0,0700	14,286	280,00
<b>0,04...</b>				
Omítkář robot 14,5 kW, Omítkář robot 14,5 kW	Shc	0,0220	45,455	58,00
Omítačka na maltu s kompresorem výkon do 0,08 m3/min - v klidu	Sh	0,0220	45,455	130,00

Obrázek 31: Skladba ceny pro roboticky nanášené omítky

Fixní náklady pro použití technologie omítkáře neovlivněné množstvím provedených plošných metrů byly stanoveny průzkumem nabídek na trhu a zjednodušenými výpočty.

**Doprava:** cena za km x průměrná vzdálenost na stavbu

$$15 \text{ Kč/km} \times 50 \text{ km} = 750 \text{ Kč}$$

**Čištění:** spotřeba vody x cena 1 l + počet pracovníků x mzda x doba čištění

$$100 \text{ l} \times 0,09 \text{ Kč} + 2 \times 200 \text{ Kč/h} \times 16 \text{ h} = 6\,409 \text{ Kč}$$

**Pojištění:** 2 000 Kč

**Celkem fixní náklady:**  $750 + 6\,409 + 2\,000 = 9\,159 \text{ Kč}$

Pro pozdější možnost porovnání byl zhotoven výpočet ceny a času realizace strojně prováděných omítek (viz. Tab.11), který počítal s plochou 10 000 m<sup>2</sup>. Tato výměra byla zvolena z důvodu, že jde podle odborníků z omítkářské firmy o standartní výměru pro 5-7 patrový, typický, bytový dům zaokrouhlenou na plochu pro kterou se lehce počítají procentuální podíly. Jednotková cena omítání byla převzata ze softwaru EuroCalc a ceny pronájmu prvků zařízení staveniště byly dohledány u dodavatelů.

Tab. 13: Výpočet ceny a času realizace strojních omítek

## Cena a časová náročnost realizace strojně nanášených omítek

<b>Celková plocha omítek stěn:</b>	10000 m <sup>2</sup>
------------------------------------	----------------------

### Cena realizace:

	Jedn. Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]	Cena	<b>Celková cena</b>
Náklady na provádění	155	1 550 000 Kč	<b>1 645 655 Kč</b>
Pronájem síla	550 Kč/den	67 650 Kč	
Buňky	4500 Kč/měs	19 000 Kč	
Soc. Zař.	100 Kč/den	8 200 Kč	
Fixní náklady	Čištění		
	50 l vody	4,5	
	2 pracovníci (200kč/h)		
	2 h	800 Kč	

### Čas realizace:

MJ	Množství	Pracnost [Nh,Sh]	Celk prac. [Nh,Sh]	Směnnost	Počet prac.	Fond čety	Trvání činn.
m <sup>2</sup>	10000	0,29	2900,0	8	9	72	41

Technologie omítání pomocí robota Omítkáře je zatím v raných fázích svého vývoje a není možné tímto robotem omítat složitější a členitější plochy, jako jsou například plochy kolem oken. Pro kalkulaci ceny a času realizace je třeba stanovit procento plochy z celkové výměry, které je možné omítnout roboticky.

Pro zjednodušení určování tohoto procenta a následné porovnávání cen a časů realizace omítek pomocí robotického systému Omítkář, byly vytvořeny tabulky v programu Microsoft Excel. V tabulkách lze pomocí posuvníku určit dané procento a dále je výpočet naprogramován pro automatické přepočítání výsledků. Pro tyto výpočty byly použity také ceny z databáze softwaru EuroCalc a ceny od dodavatelů vybavení zařízení staveniště.

První verze výpočtu počítá s kombinací robotického omítání a tradičního ručního omítání. Pro ukázkou byl zvolen poměr 70 % ploch realizovatelných Omítkářem a 30 % ručně. Celková cena a čas viz Tab. 12:

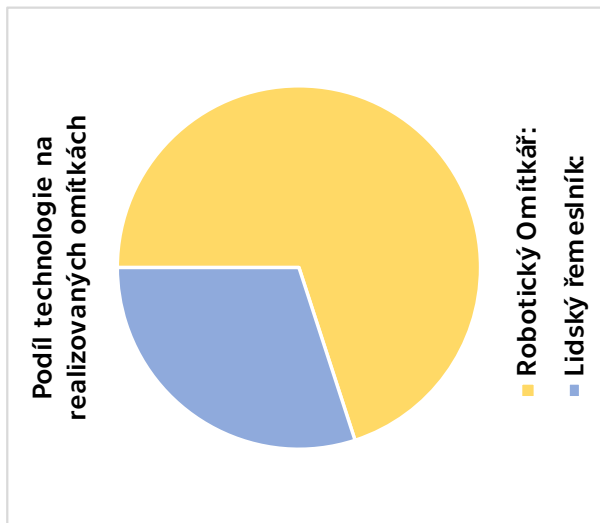
Tab. 14: Výpočet pro kombinaci robot + ruční omítání

## Efektivnost využití robotického omítacího systému

### Kombinace robot + ruční omítání

Celková plocha omítaných stěn: **10000** m<sup>2</sup>

Procento ploch realizovatelných robotickým systémem:



Robotický Omítkař:	70 %	7000 m <sup>2</sup>
Lidský řemeslník:	30 %	3000 m <sup>2</sup>

### Cena realizace:

	Jedn. Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]	Celková cena	% z Celk. Ceny
Omítky nanášené robotem:	136	952 000 Kč	62,3%
Omítky nanášené ručně:	181	543 000 Kč	35,5%
Fixní náklady robota:		9 150 Kč	0,6%
Pronájem síla:		11 000 Kč	0,7%
Buňky:		10 000 Kč	0,7%
Soc.zař.:		3 400 Kč	0,2%
<b>Celková cena:</b>		<b>1 528 550 Kč</b>	

### Čas realizace:

MJ	Množství	Pracnost [Nh,Sh]	Celk prac. [Nh,Sh]	Směnnost	Počet prac.	Fond čety	Trvání činn.
Omítky nanášené robotem:	m <sup>2</sup>	7000	0,022	8	1	8	20
Omítky nanášené ručně:	m <sup>2</sup>	3000	0,4	8	9	72	17

Z výpočtu je patrné, že cena realizace 10 000 m<sup>2</sup> omítek, z nichž 70 % lze provést pomocí robotické technologie, vychází znatelně nižší než při realizaci čistě strojním nanášením. To samé lze říci i o času realizace. Kromě nižší jednotkové ceně robotického omítání je celková cena nižší i právě díky kratšímu času realizace a z toho důvodu znatelně nižších částek za buňky pro zázemí pracovníků. Také je na celou realizaci dostatečné půjčení pouze jednoho skladovacího sila na omítkovou směs.

Druhá verze počítá s využitím jak robotické, tak strojní technologie omítání. Podíl robotem realizovatelných ploch je zachován pro porovnatelnost. Do výpočtu vstupují i fixní náklady na strojní omítání a mění se normohodina provádění omítek, neboť strojní omítání je rychlostně příznivější než ruční. Znatelně vzroste cena za pronájem skladovacích sil, a to z důvodu potřeby samostatného sila a strojní sestavy pro každou četu. Výsledky viz. Tab.13:

V těchto výpočtech je počítáno s tím, že stropy budou prováděny ve formě podhledů. Pokud by stropy byly omítané musí se také realizovat konvenčními metodami a změní se poměr ploch realizovaných robotem a jinými technologiemi. To by mělo za následek navýšení nákladů na zařízení staveniště a prodloužení času realizace omítek lidskými pracovníky.

Tab. 15: Výpočet pro kombinaci robot + stroj

## Efektivnost využití robotického omítacího systému

### Kombinace robot + strojní omítání

Celková plocha omítaných stěn: **10000** m<sup>2</sup>

Procento ploch realizovatelných robotickým systémem:



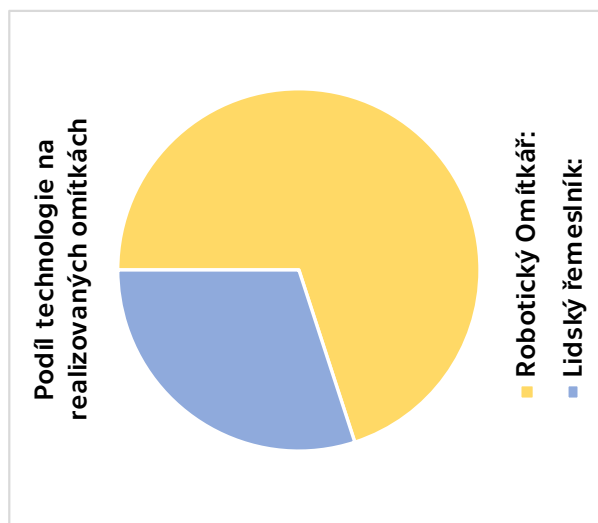
Robotický Omítkař:	70 %	7000 m <sup>2</sup>
Lidský řemeslník:	30 %	3000 m <sup>2</sup>

### Cena realizace:

	Jedn. Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]	Celková cena	% z Celk. Ceny
Omítky nanášené robotem:	136	952 000 Kč	64,8%
Omítky nanášené strojně:	155	465 000 Kč	31,7%
Fixní náklady robota:		9 150 Kč	0,6%
Fixní náklady strojní omítkačk		800 Kč	0,1%
Pronájem síla:		31 900 Kč	2,2%
Buňky:		5 500 Kč	0,4%
Soc.zař.:		3 800 Kč	0,3%
<b>Celková cena:</b>		<b>1 468 150 Kč</b>	

### Čas realizace:

MJ	Množství	Pracnost [Nh,Sh]	Celk prac. [Nh,Sh]	Směnnost	Počet prac.	Fond čety	Trvání činn.
Omítky nanášené robotem:	m <sup>2</sup>	7000	0,022	8	1	8	20
Omítky nanášené ručně:	m <sup>2</sup>	3000	0,29	8	6	48	19



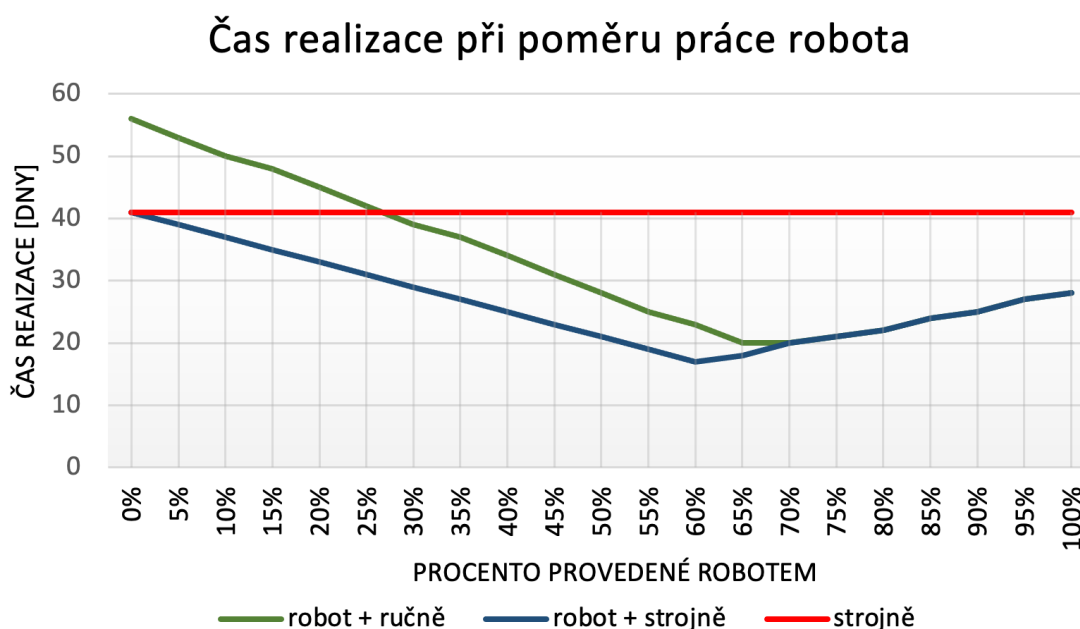
## 2.3 Stanovení podmínek efektivního použití technologie robotického omítání

Za neefektivnější se obecně dá považovat technologie, která nám dovolí realizovat dílo v co nejkratším čase a za co nejmenší náklady, a to ideálně v co nejvyšší kvalitě.

Z kalkulací prezentovaných v kapitole 2.2 byly vygenerovány výsledky pro různé stavy poměrů použitých technologií pro obě kombinace a pro různé možnosti počtu pracovníků. Tyto výsledky byly posléze porovnávány, graficky znázorněny a na jejich základě stanoveny podmínky efektivního použití technologie robotického omítání se zařízením Omítkař.

### 2.3.1 Časová efektivita

Pro porovnání časové náročnosti různých způsobů realizací byly zpracovány výpočty pro konstantní počet 9 pracovníků (omítajících souběžně s robotem) pro všechny testované poměry. U tohoto nastavení byly porovnány časy trvání. Graf viz obr. 32:



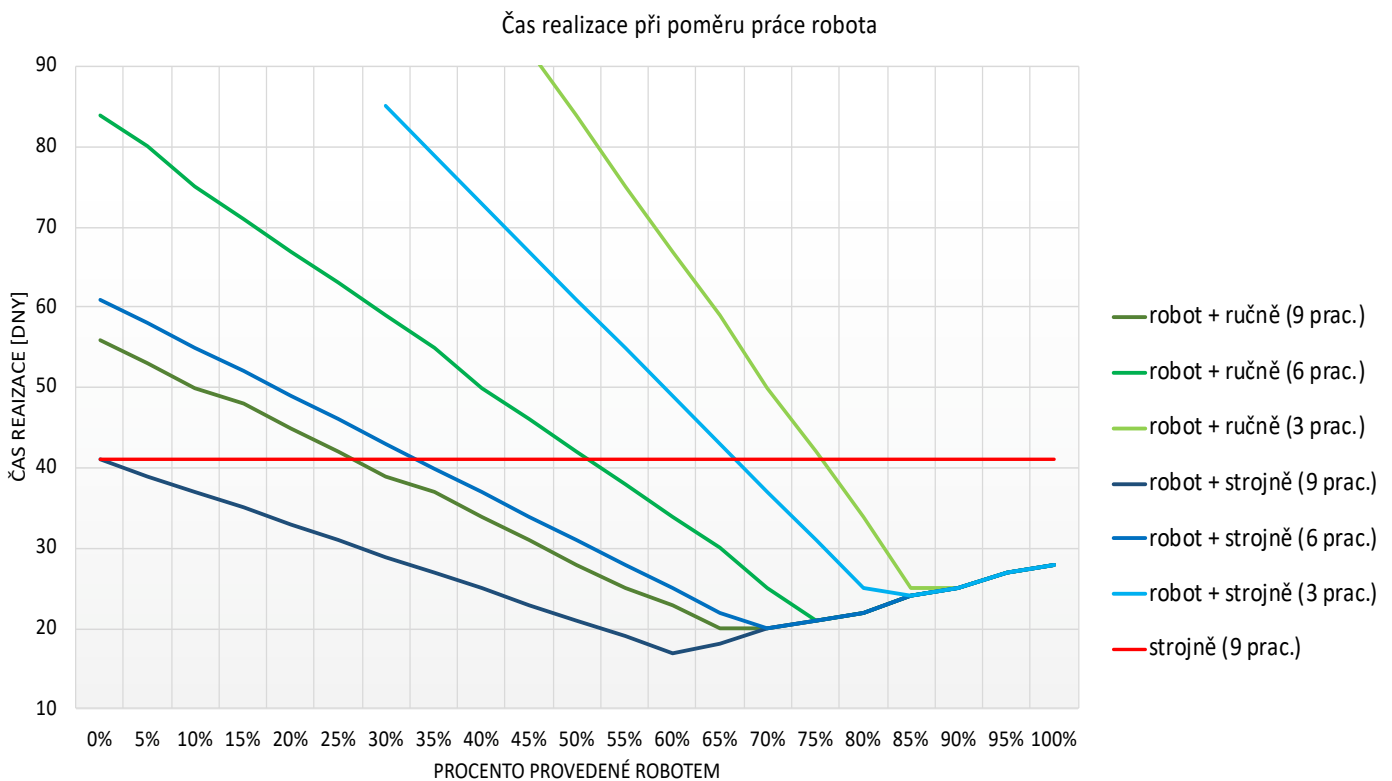
Obrázek 32: Graf času realizace



Z těchto dat lze vyčíst, že čím více práce lze provést pomocí robota, tím kratší je celková doba provádění. Také lze konstatovat, že kombinace robotického a konvenčního strojního omítání je rychlejší, než kombinace ručního a robotického omítání. Toto platí až do podílu robotické práce 70 % z celkové výměry. Při větším podílu se rychlosti již mnoho neliší. Křivka kombinace „robot + strojně“ nám ukazuje, že z hlediska rychlosti výstavby, je nejefektivnější poměr 60 % omítek realizovat robotem a 40 % strojně. Při této kombinaci lze 10 000 m<sup>2</sup> omítnout za přibližně 17 dní. U křivky kombinace „robot + ručně“ je nejefektivnější poměr 65-70% robot / 35-30 % ručně, při němž se celková výměra realizuje za 20 dní.

Z hlediska času je neefektivní přistupovat ke kombinaci robotického a ručního omítání při poměru menším než 27/73 % (robot/ručně), neboť by trvala realizace déle. U kombinace robotického a strojního omítání by se dalo říci, že je vždy výhodnější než samotné strojní omítání, ale je potřeba vzít v potaz i finanční stránku problematiky.

Dále byly vygenerovány stejné grafy i pro stavy zapojení 6 a 3 pracovníků (pro každé 3 pracovníky je v provozu vlastní strojní sestava) a tyto grafy zkombinovány a porovnány viz Obr. 33:



**Obrázek 33: Časy realizace pro různé kombinace technologií a počtu pracovníků**

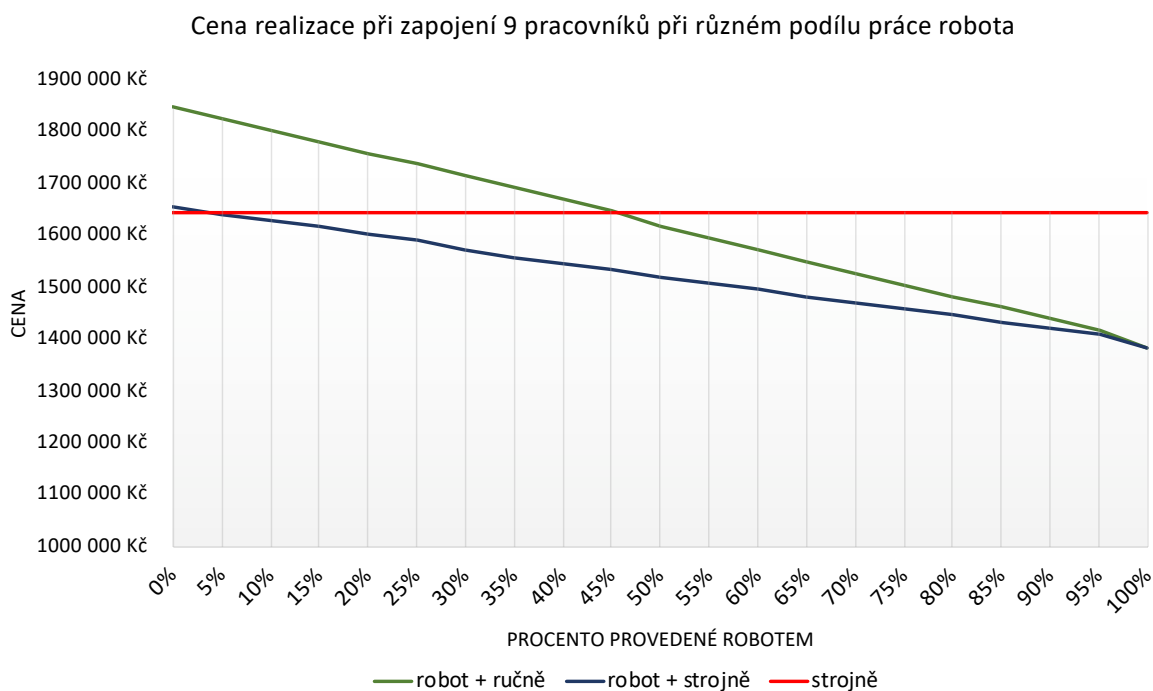
Tento graf nám přináší zajímavé informace pro finanční optimalizování počtu pracovníků a kombinace technologií. V odstínech modré vidíme křivky pro kombinaci „robot + strojně“. Je vidět, že tato kombinace je rychlejší pro všechny počty pracovníků. V odstínech zelené je kombinace „robot + ručně“ a i přesto, že je tato kombinace pomalejší než robotické + strojní omítání, je ve většině poměrů lidské a robotické práce rychlejší než čistě strojní omítání. Pro čistě strojní omítání je v grafu znázorněna pouze doba realizace v počtu 9 pracovníků, neboť při menším počtu je čas o tolik delší než u ostatních případů, že se stává pro porovnání irelevantním.

Vzhledem k tomu, že při kombinovaném realizování omítek běží vždy robotické i lidmi prováděné práce souběžně, je vždy pro celkovou dobu realizace určující delší z těchto dvou technologií. V Tab.13 v kapitole 2.2 je vidět, že při kombinaci robotického a strojního omítání při podílu 70% robotické práce je doba trvání robotického omítání 20 dní a strojního omítání 19 dní. Celková doba trvání je tedy právě 20 dní.

Každá křivka grafu na obrázku 33 dojde do svého minima při jiném procentu prací prováděných robotem. Tento bod nám ukazuje, při jakém poměru mezi robotickou a konvenční technologií provádění omítek začne být určující doba trvání robotické činnosti a lidská činnost již nezasáhne svým zrychlením ani mírným zpomalením do celkové doby realizace. Právě to je určující pro finanční optimalizování nastavení počtů pracovníků.

### 2.3.2 Finanční efektivita

V první fázi finančního porovnávání technologií byl vytvořen graf ceny celkové realizace omítek, při různých podílech práce robota, a to při konstantním počtu 9 pracovníků, pro objektivní porovnání s modelem strojně nanášených omítek. Výsledný graf viz Obr. 34:



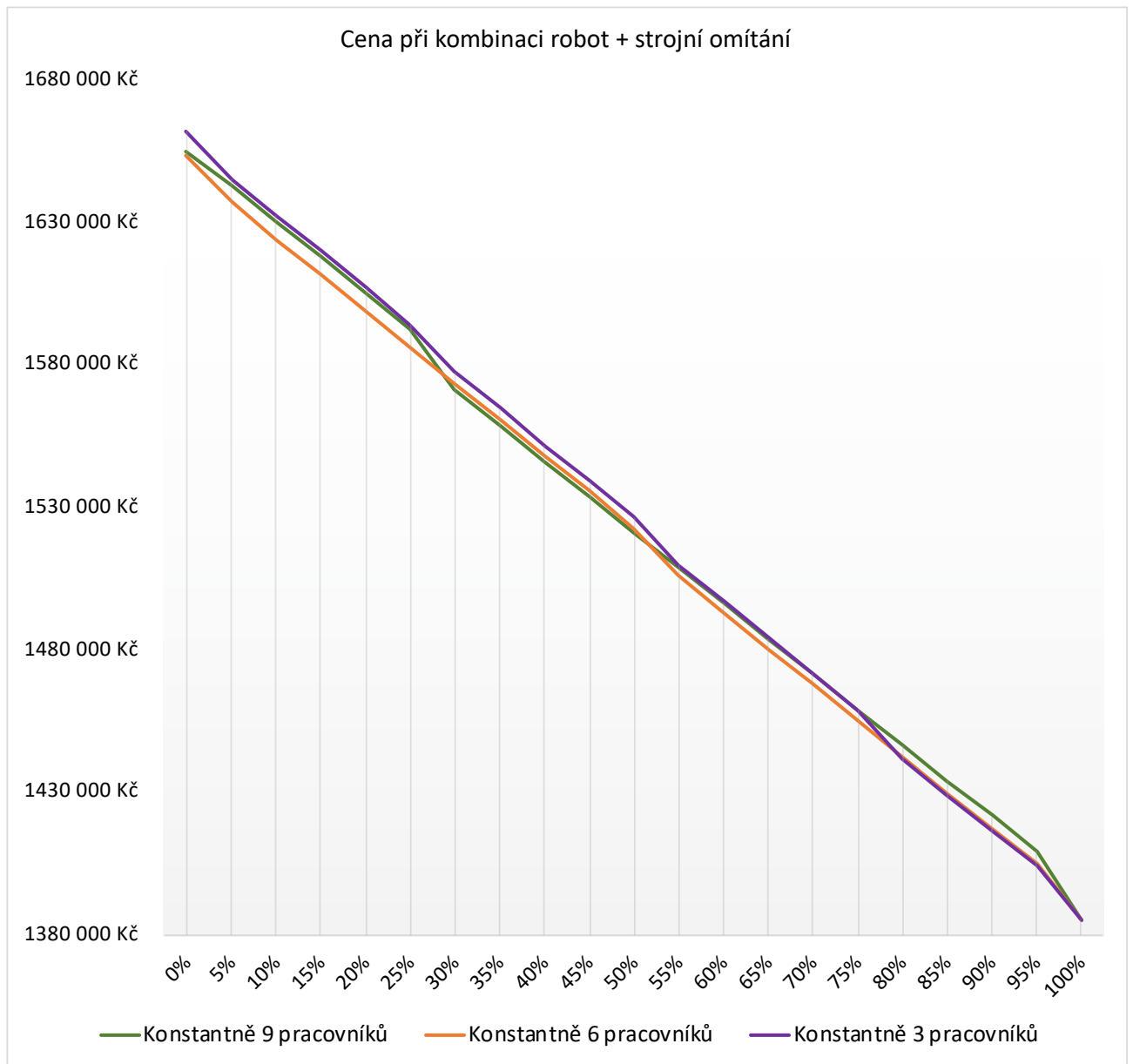
Obrázek 34: Cena realizace při zapojení 9 pracovníků

Graf naznačuje, že realizovat omítky při zapojení robota na méně než 45 % ploch v kombinaci s ručním omítáním není finančně výhodné. To je způsobeno tím, že čistě lidská práce je drahá, a navíc je zapotřebí vynaložit větší náklady na prostory šaten a sociálního zařízení, a to na delší dobu pronájmu z důvodu pomalejší práce.

Vzhledem k tomu, že kombinace robotického a strojního omítání vychází neefektivněji jak v časovém, tak ve finančním porovnání, zaměřuje se tato závěrečná práce v další fázi právě na tuto metodu realizace.

Pro stanovení neefektivnějšího nastavení z hlediska finančních zdrojů byly napočítány modely pro výměru 10 000 m<sup>2</sup>, a to pro zapojení různého počtu pracovníků. Konkrétně pro konstantně 9, 6 a 3 pracovníky při kombinaci „robot + strojně“.

**Každá ze tří variant vykazovala největší finanční výhodnost při jiných procentech robotické práce viz Obr. 35:**



**Obrázek 35: Průběh ceny při kombinaci robot + strojní omítání**

**Z dat je poznat, že v intervalu 0-30 % je nejlevnější nasadit 6 pracovníků pracujících souběžně s robotickým systémem. Mezi 30 a 60 procenty je to 9 pracovníků. V intervalu 60-80 % je to opět 6 pracovníků a při takovém stavu kdy více než 80 % realizovaných ploch lze provést robotickým systémem, je nejméně nákladné nasadit pouze 3 pracovníky.**

### **2.3.3 Stanovení nejefektivnějšího nastavení a podmínek**

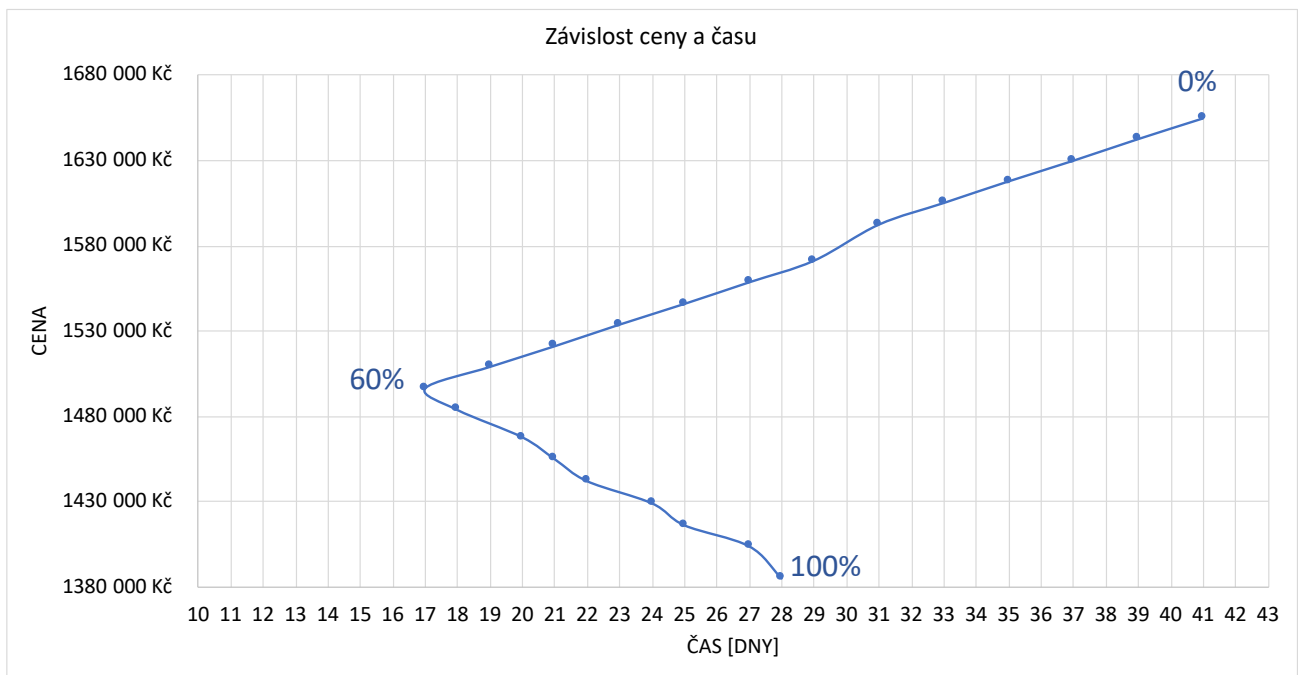
Autorem práce bylo stanoveno, že primární kritérium určující efektivní nastavení podmínek realizace omítek pomocí robotického systému je čas realizace, neboť stavba je komplexní systém, kde zkrácení doby trvání dílčí etapy může nepřímo a velmi pozitivně ovlivnit i jiné finanční náklady na celkovou realizaci stavby.

Z předchozích grafů lze vyčíst, že nejvýhodnější z hlediska času i peněz je kombinace robotického a strojního omítání. Dále bylo potřeba určit ideální počet pracovníků pro různá procenta práce realizované robotem. K tomu je nutné zkombinovat časová i finanční kritéria.

V intervalu 0-30 % je sice levnější nasazení 6 pracovníků, ale z hlediska času je to nevýhodné a do 35% práce provedené robotem by takový postup nebyl ani rychlejší než realizace čistě strojně viz Obr.33. Časové kritérium nám určuje, že je nejvýhodnější nasadit 9 pracovníků pro celý interval 0-70 %. Od tohoto bodu již počet pracovníků neovlivní čas realizace, a proto lze přehlížet čistě na finanční stránku problematiky.

Ta nám dle grafu na obrázku č. 35 říká, že v intervalu 70-80 % je pro snížení nákladů výhodnější nasadit pouze 6 pracovníků. Při realizaci více než 80 % omítek pomocí robota Omítkáře stačí aby souběžně pracovali 3 pracovníci.

Obrázek č. 36 ukazuje závislost mezi celkovou cenou realizace a celkovou časovou náročností pro jednotlivé poměry technologií:



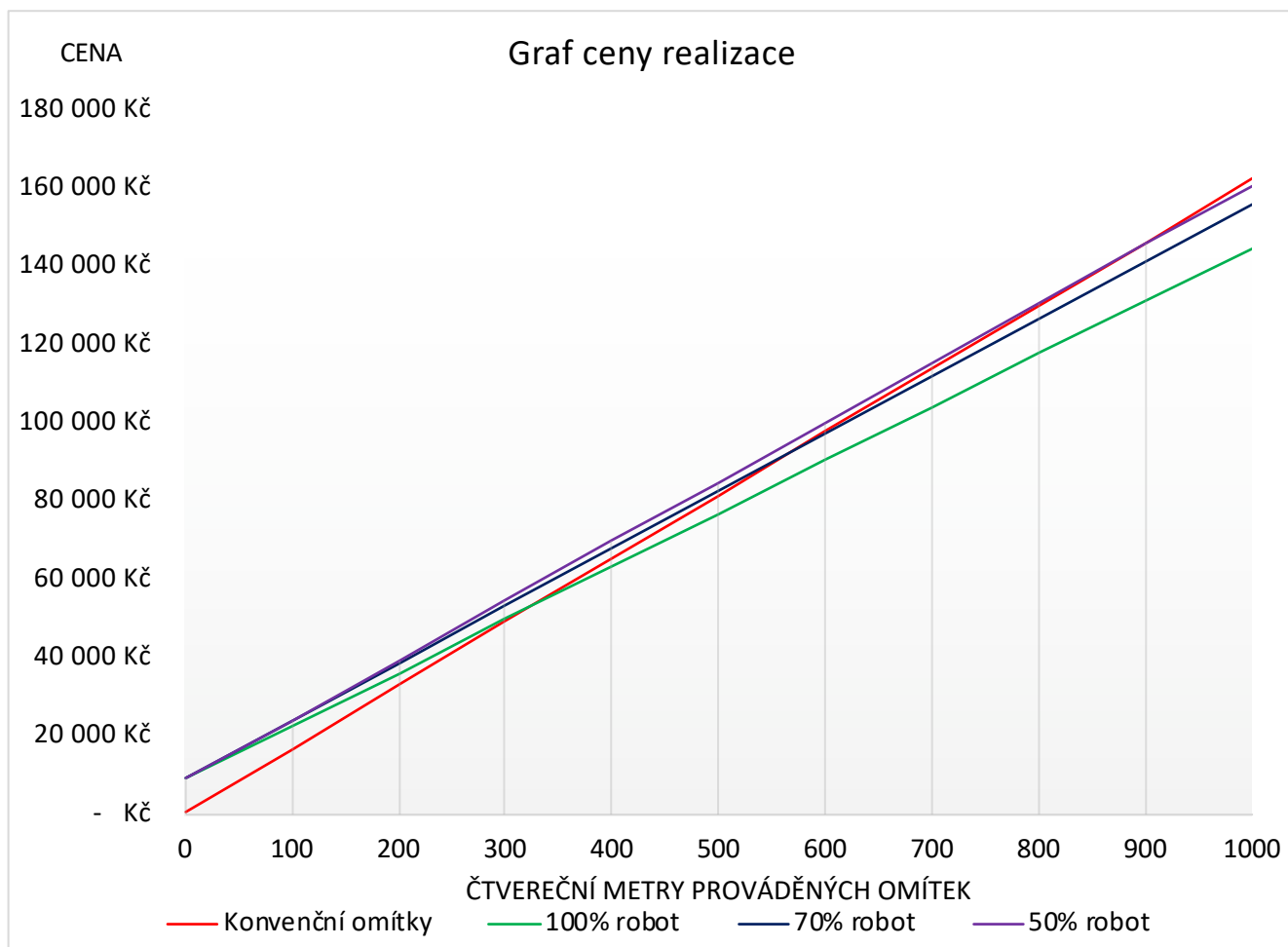
Obrázek 36: Gráf závislosti ceny a času realizace

Toto vykreslení spojuje časové i finanční kritérium do jednoho grafu. Zatímco cena s každým přidaným procentem robotizované práce klesá, u času už to není pravda. Od chvíle, kdy objem prací přidělených robotickému systému trvá provést stejně dlouho, jako trvá dělníkům se strojní omítačkou jejich objem práce, celková doba výstavby roste.

To napovídá, že celkově nejefektivnější poměr robotických prací ku strojním je právě 60%/40%. Jakékoliv navýšení procenta robotické práce sníží náklady, ale zvýší dobu trvání, což je samozřejmě výhodné v případech kdy nás netíží nedostatek času.

Kombinace robotického a strojního provádění omítek je náročná na potřebu prostoru na staveništi, neboť k oběma technologiím je potřeba vlastní silo se suchou omítací směsí a napojení omítačky. V případě, že tento prostor nemáme k dispozici, je možné přistoupit na využití technologie ručního omítání, a to ať na všechny plochy prováděné strojně, nebo jen na část z nich a kombinovat tak všechny tři technologie naráz. I v takovém případě se z časového i finančního hlediska budeme pohybovat v nižších číslech než při konvenční realizaci omítek.

Minimální počet plošných metrů zakázky na omítky, pro které má cenu přemýšlet o využití robotického systému Omítkář, je znázorněn na grafu na Obr. Č. 37:



Obrázek 37: Graf průběhu cen v závislosti na velikosti výměry

Graf znázorňuje průběh nákladů na konvenční strojní omítky a na tři možnosti podílu robotických prací. Stavba, u které by šlo 100% omítaných ploch realizovat robotickým systémem je spíše teoretická představa, nebo vize do budoucnosti. 70 a 50% už je ale reálný stav a na grafu můžeme vidět, že u křivky pro 70% stačí aby celková výměra omítek činila více než 560 m<sup>2</sup> aby začala být robotická technologie cenově výhodná. U křivky pro 50% je toto číslo kolem 900 m<sup>2</sup>.

Z popsaných podmínek pro efektivní užití robotického systému Omítkář a ze získaných dat pomocí výpočtů lze stanovit, že tento systém ušetří nejvíce peněz a času při realizaci velkých objektů. Především u objektů s velkými nečlenitými omítanými stěnami, jako jsou například sportoviště, kancelářské budovy nebo například obvodové zdi. Při dodržení stanovených podmínek pro efektivní použití, je pravděpodobné, že investice do této technologie by dosáhla navrácení v celku krátké době.

## **2.4 Analýza – Porovnání robotického systému s tradičními metodami**

K objektivnímu posouzení výhodnosti využití technologie Omítkáře je vhodné využít metodu multikriteriální analýzy. Analýza porovnává technologii Omítkáře s konvenčními metodami omítání. Na začátku je potřeba určit kritéria porovnávání. Kritéria byla určena po konzultaci s externím odborníkem na omítání a seřazena dle jejich váhy.

- 1) Náklady na mzdy
- 2) Rychlost práce
- 3) Cena pronájmu
- 4) Pořizovací náklady
- 5) Cena za m<sup>2</sup>
- 6) Kvalita
- 7) Rizika BOZP
- 8) Časový fond
- 9) Schopnost zhotovit tenkovrstvé omítky
- 10) Ztratnost
- 11) Schopnost zhotovit složité povrchy
- 12) Flexibilita – možnost využití na jiné činnosti
- 13) Nároky na logistiku
- 14) Nároky na ZS

Vyhodnocení multikriteriální analýzy viz Tab.16:



Tab. 16: Multikriteriální analýza

Kritérium	Pořadí	Povaha	Hledisko	Váha	Ručně nanášené omítky			Strojně nanášené omítky			Systém Omítkář		
					Hodnota	Pořadí	Body	Hodnota	Pořadí	Body	Hodnota	Pořadí	Body
Rychlost práce	1	Min	Kvant	0,13	0,4	1	0,13	0,29	2	0,27	0,022	3	0,40
Náklady na mzdy	2	Min	Kvant	0,13	60 000	2	0,25	70 000	1	0,13	50 000	3	0,38
Požizovací náklady	3	Min	Kvant	0,12	8000	3	0,35	600000	2	0,23	1000000	1	0,12
Cena pronájmu	4	Min	Kvalit	0,11	100	3	0,32	2 000	2	0,21	4 000	1	0,11
Cena za m2	5	Min	Kvant	0,10	181	1	0,10	155	2	0,19	136	3	0,29
Kvalita	6	Max	Kvalit	0,09	6	1	0,09	7	2	0,17	10	3	0,26
Rizika BOZP	7	Min	Kvalit	0,08	4	1	0,08	4	1	0,08	3	3	0,23
Časový fond	8	Max	Kvant	0,07	12	1	0,07	12	1	0,07	12	1	0,07
Schopnost zhotovit tenkovrstvé omítky	9	Max	Kvalit	0,06	5	2	0,12	1	1	0,06	8	3	0,17
Ztratnost	10	Min	Kvant	0,05	5	2	0,10	10	1	0,05	3	3	0,14
Schopnost zhotovit složité povrchy	11	Max	Kvalit	0,04	4	3	0,12	3	2	0,08	1	1	0,04
Flexibilitnost	12	Max	Kvalit	0,03	4	3	0,09	2	2	0,06	1	1	0,03
Nároky na logistiku	13	Min	Kvalit	0,02	4	3	0,06	7	1	0,02	7	1	0,02
Nároky na ZS	14	Min	Kvalit	0,01	5	3	0,03	7	2	0,02	8	1	0,01
	<b>104</b>			1			<b>1,74</b>			<b>1,36</b>			<b>1,86</b>

Výsledky multikriteriální analýzy vyšly s malým rozptylem. Podle daných kritérií je metoda robotického omítání nejvýhodnější. Na druhém místě byla překvapivě vyhodnocena technologie ručního omítání a strojní omítání jako třetí ze všech možností. Žádná z technologií však nevyniká zřetelněji, a tak při výběru technologií provádění omítek bude vždy záležet na podmínkách a potřebách dané stavby.

### **3 Závěr**

Téma práce se zabývalo jednou z nejstarších stavebních činností, tj. omítáním a jeho nejmodernější formou provádění s využitím robotů. Z vypracované rešerše je znatelné, že robotizace omítání je spíše na svém počátku, ale robotizací a automatizací ve stavebnictví jako takovém se ve světě, a i u nás zabývá mnoho subjektů a v příštích 10 letech budeme pravděpodobně svědky velkých změn ve stavebním oboru. Robotizace může pomoci stavebnictví dohnat ostatní odvětví hospodářství v produktivitě výroby a vyřešit problém zdražování stavebních prací v posledních letech.

Robotický systém Omítkář je tuzemským příspěvkem do tohoto nově vznikajícího oboru a podle všeho skýtá velký potenciál pro zrychlení a zlevnění výstavby, a to především velkých a jednoduchých staveb. Z v práci prezentovaných modelů lze predikovat, že výhodnost použití může při správných podmínkách dosahovat oproti strojnímu omítání signifikantních rozměrů. Pro potvrzení všech předpokladů stanovených v této práci bude nutno pokračovat v praktických zkouškách. Autor práce se na základě analýz obsažených v této práci domnívá, že robotické omítání bude neefektivněji fungovat v kombinaci s již používanými konvenčními metodami, a bude tedy jejich doplňkem, spíše než náhradou.

Technologie omítání se zařízením Omítkář skýtá velký potenciál, k jehož rozvinutí bude třeba v dalším výzkumu posoudit technologické, finanční i časové stránky aplikování na stavbách. Mezi benefity vyvolané dalším zpřesněním technologie by bylo možno počítat například finanční benefit ze zvýšené plochy podlaží při možnosti aplikace tenčích omítek. Věřím, že v budoucnu bude běžné potkat robota Omítkáře na stavbách v Česku či ve světě.

## 4 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Příklad měření úhlu omítnutého ostění délky $\lambda$ , pro $\lambda$ menší než 0,25 m.....	21
Obrázek 2: Hladítko z dob starého Egypta [10].....	24
Obrázek 3: Strhávání latí [11] Obrázek 4: Vyrovnávání hladítkem [12]	25
Obrázek 5: Silo se suchou směsí [14] Obrázek 6: Strojní nanášení omítek [15]	26
Obrázek 7: Návrhy řešení mobilního omítacího robota .....	27
Obrázek 8: <i>Metody nanášení a zarovnání omítky</i> .....	28
Obrázek 9: Systém TUPO 9 .....	29
Obrázek 10: Systém TUPO 9 při práci .....	29
Obrázek 11: Robot OKIBO .....	30
Obrázek 12: OKIBO při nanášení omítací směsi .....	31
Obrázek 13: OKIBO při roztírání omítky .....	31
Obrázek 14: Robot ACME při nanášení omítky [20] .....	32
Obrázek 15: Robot ACME při vyrovnávání omítky [20] .....	32
Obrázek 16: Morphaux při práci [21] .....	33
Obrázek 17: Profilovací nástroj robota Morphaux [21].....	34
Obrázek 18: Nanášení omítky a snímání kamerou na robotické ruce [25].	35
Obrázek 19: Robot Atlas od Boston Dynamics [27] Obrázek 20: Atlas při zvedání objektu [26] .....	35
Obrázek 21: Robot HRP-5P [28] Obrázek 22: HRP-5P připevňující překližkovou desku [28]	36
Obrázek 23: Robot Omítkář Obrázek 24: Robot omítkář-2	37
Obrázek 25: "Tluma" s nanášecím railem a stíracími lištami.....	38
Obrázek 26: Kompresor Atlas Copco GA15 [29] .....	38
Obrázek 27: Omítkčka Duo-mix [30].....	39
Obrázek 28: Nástřík omítací malty .....	56
Obrázek 29: Setření omítky do požadované tloušťky .....	57
Obrázek 30: Vypočtené ceny za m <sup>2</sup> v programu EuroCalc .....	58
Obrázek 31: Skladba ceny pro roboticky nanášené omítky .....	58
Obrázek 32: Graf času realizace .....	64
Obrázek 33: Časy realizace pro různé kombinace technologií a počtu pracovníků .....	65
Obrázek 34: Cena realizace při zapojení 9 pracovníků .....	67
Obrázek 35: Průběh ceny při kombinaci robot + strojní omítání .....	68
Obrázek 36: Gráf závislosti ceny a času realizace.....	70
Obrázek 37: Graf průběhu cen v závislosti na velikosti výměry .....	71

## 5 SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Základní typy omítek dle pojiva [1] .....</i>	12
<i>Tab. 2: Druhy přísad pro výrobu malt pro omítky [1] .....</i>	13
<i>Tab. 3: Typy omítek vhodné pro různé typy podkladů [1].....</i>	14
<i>Tab. 4: Úroveň kvality hladké konečné úpravy dle ČSN EN 13914-2.....</i>	18
<i>Tab. 5: Největší povolené geometrické odchylky pro zděné prvky dle ČSN EN 1996-2.....</i>	19
<i>Tab. 6: Třídy rovinnosti konečné úpravy omítky dle ČSN EN 13914-2 .....</i>	19
<i>Tab. 7: Doporučené odchylky rovinnosti dle SV SOMS .....</i>	20
<i>Tab. 8: Doporučené meze pro úhly dle ČSN EN 13914-2.....</i>	20
<i>Tab. 9: Největší povolené geometrické odchylky pro zděné prvky dle ČSN EN 1996.....</i>	21
<i>Tab. 10: Doporučené odchylky dle SV SOMS .....</i>	22
<i>Tab. 11: Identifikace rizik, opatření a první pomoc .....</i>	50
<i>Tab. 12: Zatřídění dle Katalogu odpadů (vyhl. č. 93/2016 Sb.)[34].....</i>	54
<i>Tab. 13: Výpočet ceny a času realizace strojních omítek.....</i>	60
<i>Tab. 14: Výpočet pro kombinaci robot + ruční omítání .....</i>	61
<i>Tab. 15: Výpočet pro kombinaci robot + stroj .....</i>	63
<i>Tab. 16: Multikriteriální analýza .....</i>	73

## 6 LITERATURA

- [1] BLAHA, Martin. *Omítky*. 1. vyd. B.m.: Grada Publishing a.s., 2004. ISBN 9788024761107.
- [2] FRIDRICHOVÁ, Marcela, Karel DVOŘÁK a Rudolf FRIDRICH. *Stavíme omítky* [online]. Brno: ERA, 2004 [vid. 2020-11-09]. ISBN 80-7366-004-0. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:a6c7ba30-abe0-11e6-840e-005056827e52?page=uuid:c00860f0-bfb1-11e6-8452-001018b5eb5c>
- [3] SVAZ VÝROBCŮ SUCHÝCH OMÍTKOVÝCH A MALTOVÝCH SMĚSÍ ČR. *Technická informace SV SOMS- Posuzování povrchů omítnutých stěn a stropů* [online]. 2017 [vid. 2020-11-01]. Dostupné z: [https://www.svsoms.cz/files/posuzovani\\_povrchu.pdf](https://www.svsoms.cz/files/posuzovani_povrchu.pdf)
- [4] ČSN EN 13914-2 *Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek – Část 2: Vnitřní omítky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016
- [5] ČSN 73 3715 *Navrhování, příprava a provádění vnitřních cementových a/nebo vápenných omítkových systémů*. Praha: Český normalizační institut. 2006
- [6] ČSN EN 1996-2 (731101) *Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut. 2007
- [7] SVAZ VÝROBCŮ SUCHÝCH OMÍTKOVÝCH A MALTOVÝCH SMĚSÍ ČR. *Technická informace SV SOMS- Rovinnost stěn a stropů* [online]. 2010 [vid. 2020-11-01]. Dostupné z: <https://www.svsoms.cz/files/rovinnost.pdf>
- [8] *Směrnice WTA 2-4-94: Hodnocení a sanace fasádních omítek s trhlinami*. Praha: Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky z.s. 2009
- [9] MILLAR, W. *Plastering: Plain and Decorative* [online]. B.m.: Taylor & Francis, 2016. ISBN 9781317741671. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=BZ4GDAAAQBAJ>
- [10] *Egypt at the Manchester Museum: Image* [online]. [vid. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://egyptmanchester.files.wordpress.com/2012/04/52a-1.jpg>
- [11] *Dům pro rodinu: Chyby při omítání stěn* [online]. [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <http://opravovat-um.blogspot.com/2018/04/chyby-pri-omitani-sten.html>
- [12] *Základy opravy omítek vnitřních stěn a fasád. Oprava staré omítky Co dělat se středním otvorem ve zdi* [online]. [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://ortokurs.ru/cs/svoimi-rukami/osnovy-remonta->

shtukaturki-vnutrennih-sten-i-fasada-remont-staroi/

- [13] WEBER, Carl. METHOD OF PLASTERING WALL SURFACES. 29. březen 1915.
- [14] BARTÁK CSC., Kamil. Bezpečné strojní omítání. *Realizace staveb* [online]. 2015 [vid. 2020-11-05]. ISSN 1802-0631. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/stavebni-technika/bezpecne-strojni-omitani>
- [15] *Levnější strojní omítka nebo návod. Lepší strojní nebo ruční omítka? Co je to mechanizovaná omítka* [online]. [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://pobeda-mf.ru/cs/prihozhaya/mashinnaya-shtukaturka-ili-ruchnaya-chto-deshevle-mashinnaya-ili-ruchnaya/>
- [16] PRITSCHOWA, G, J KURZA, J ZEIHARA, S E MCCORMACA a M DALACKERB. *On-Site Mobile Plastering Robot: A Practical Design Concept* [online]. nedatováno [vid. 2020-11-02]. Dostupné z: [http://www.iaarc.org/publications/fulltext/On-site\\_mobile\\_plastering\\_robot\\_a\\_practical\\_design\\_concept.PDF](http://www.iaarc.org/publications/fulltext/On-site_mobile_plastering_robot_a_practical_design_concept.PDF)
- [17] FORSBERG, Johan, Roger AARENSTRUP a Ake WERNERSSON. *A Construction Robot for Autonomous Plastering of Walls and Ceilings* [online]. 1995 [vid. 2020-11-02]. Dostupné z: [http://www.iaarc.org/publications/fulltext/A\\_construction\\_robot\\_for\\_autonomous\\_plastering\\_of\\_walls\\_and\\_ceilings.PDF](http://www.iaarc.org/publications/fulltext/A_construction_robot_for_autonomous_plastering_of_walls_and_ceilings.PDF)
- [18] FOSHAN TUPO MACHINERY. *TUPO-9 Plastering Machine, plastering machine* [online]. 2019 [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://www.tupomachinery.com/tupo-9-plastering-machine-p00027p1.html>
- [19] ZAIBEL, Lior, Nadav SHURUK, Guy GERMAN a Ron DANON. *OKIBO – Smart Robots For Construction Sites* [online]. 2020 [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://okibo.com/>
- [20] *Automatic Plastering Robot with Acme Equipment - YouTube* [online]. [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Qb8VB8-c1pg>
- [21] ARCHOLAB. Archolab. *Morphaux* [online]. 13. únor 2012 [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <http://archolab.com/archives/40>
- [22] BARD, Joshua D, David BLACKWOOD, Nidhi SEKHAR a Brian SMITH. *Decorative Robotic Plastering A Case Study of Real-Time Human Machine-Collaboration in High-Skill Domains* [online]. nedatováno [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: [http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2015\\_74.content.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2015_74.content.pdf)
- [23] UJJWALKARN. An Intuitive Explanation of Convolutional Neural Networks – the data science blog. *The data science blog* [online]. 11. srpen 2016 [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitive-explanation->

convnets/

- [24] STANFORD UNIVERSITY. *CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition* [online]. [vid. 2020-11-09]. Dostupné z: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/>
- [25] BARD, Joshua, Ardavan BIDGOLI a Wei Wei CHI. Image Classification for Robotic Plastering with Convolutional Neural Network BT - Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2018. In: Jan WILLMANN, Philippe BLOCK, Marco HUTTER, Kendra BYRNE a Tim SCHORK, ed. . Cham: Springer International Publishing, 2019, s. 3–15. ISBN 978-3-319-92294-2.
- [26] *Atlas® | Boston Dynamics* [online]. [vid. 2020-11-13]. Dostupné z: <https://www.bostondynamics.com/atlas>
- [27] ROBOTS: Your Guide to the World of Robotics. *Atlas* [online]. [vid. 2020-11-13]. Dostupné z: <https://robots.ieee.org/robots/atlas2016/>
- [28] NATIONAL INSTITUT OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. *Development of a Humanoid Robot Prototype, HRP-5P, Capable of Heavy Labor* [online]. listopad 2018 [vid. 2020-11-13]. Dostupné z: [https://www.aist.go.jp/aist\\_e/list/latest\\_research/2018/20181116/en20181116.html](https://www.aist.go.jp/aist_e/list/latest_research/2018/20181116/en20181116.html)
- [29] *Oil-injected rotary screw compressors*. 2017.
- [30] *Směšovací čerpadla – omítací stroje | m-tec* [online]. [vid. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.m-tec.cz/vyrobky/technika-na-stavenisti/stroje/smesovaci-cerpadla>
- [31] 362/2005 Sb. *Nařízení vlády o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s neb...* [online]. 2005 [vid. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-362>
- [32] 591/2006 Sb. *Nařízení vlády o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staven...* [online]. 2006 [vid. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-591>
- [33] 309/2006 Sb. *Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci* [online]. 2006 [vid. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>
- [34] 93/2016 Sb. *Vyhláška o Katalogu odpadů* [online]. 2016 [vid. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-93>