

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Stavebně technologický projekt – Hala  
GUHRING**

**Příloha č.2 Návrh strojních sestav**

**Jan Jarošík**

**2018**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Rostislav Šulc, Ph.D**

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Navrhované strojní sestavy.....                 | 4  |
| 1.1   | Sestava číslo 1.....                            | 4  |
| 1.2   | Sestava číslo 2.....                            | 4  |
| 1.3   | Sestava číslo 3.....                            | 4  |
| 1.4   | Sestava číslo 4.....                            | 4  |
| 1.5   | Sestava číslo 5.....                            | 4  |
| 1.6   | Sestava číslo 6.....                            | 4  |
| 1.7   | Sestava číslo 7.....                            | 4  |
| 1.8   | Sestava číslo 8.....                            | 5  |
| 1.9   | Sestava číslo 9.....                            | 5  |
| 2     | Návrh strojů .....                              | 5  |
| 2.1   | Návrh nakladače .....                           | 5  |
| 2.1.1 | Výpočet objemu suti skladované na pozemku ..... | 5  |
| 2.1.2 | Stanovení výkonu nakladače .....                | 5  |
| 2.2   | Návrh dozeru.....                               | 6  |
| 2.2.1 | Pracovní cyklus dozeru.....                     | 7  |
| 2.2.2 | Plošný výkon dozeru .....                       | 8  |
| 2.3   | Návrh rypadel .....                             | 9  |
| 2.3.1 | Výpočet objemu zemních prací .....              | 9  |
| 2.3.2 | Směr postupu odkopávky 1 .....                  | 9  |
| 2.3.3 | Směr postupu odkopávky teras.....               | 10 |
| 2.3.4 | Stanovení pracovního cyklu rypadla .....        | 10 |
| 2.4   | Návrh odvozních prostředků.....                 | 11 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.4.1 | Skladování výkopků a stavební suti. ....   | 12 |
| 2.4.2 | Počet odvozních prostředků.....            | 12 |
| 2.4.3 | Odvozní prostředky pro nakladač. ....      | 13 |
| 2.4.4 | Odvozní prostředky pro rypadlo malé .....  | 13 |
| 2.4.5 | Odvozní prostředky pro rypadlo velké ..... | 14 |
| 2.5   | Metoda provádění pilot.....                | 15 |
| 2.5.1 | Vrtná souprava.....                        | 15 |
| 2.6   | Návrh autočerpadla .....                   | 16 |
| 2.6.1 | Stanoviště autočerpadla .....              | 16 |
| 2.6.2 | Navrhované čerpadlo .....                  | 16 |
| 2.6.3 | Návrh počtu autodomíchávačů .....          | 17 |
| 2.7   | Návrh autojeřábu.....                      | 20 |

## **1 Navrhované strojní sestavy**

### **1.1 Sestava číslo 1**

Účel: Odvoz skládkované suti před započítím demolicí.

Složení: Nakladač + odvozní prostředky.

### **1.2 Sestava číslo 2**

Účel: Bourací práce halových a zděných objektů.

Složení: 2 rypadla s hydraulickými kladivy, nůžkami + odvozní prostředky.

### **1.3 Sestava číslo 3**

Účel: Demontáž silničních panelů.

Složení: 2 rypadla s hydraulickými kladivy a nůžkami + odvozní prostředky.

### **1.4 Sestava číslo 4**

Účel: Skrývka živičných povrchů.

Složení: Rypadlo s hydraulickým kladivem a lopatou + dozer + nakladač + odvozní prostředky.

### **1.5 Sestava číslo 5**

Účel: Výkopové, svahové a odkopové práce.

Složení: Malé nebo velké rypadlo s vhodnou lopatou + odvozní prostředky.

### **1.6 Sestava číslo 6**

Účel: Srovnávací a hutnicí práce.

Složení: Dozer + nakladač + válec.

### **1.7 Sestava číslo 7**

Účel: Provádění pilot.

Složení: Pilotovací soustava + autodomíchávač + čerpadlo stabilní + smykový nakladač + odvozní prostředky.

## 1.8 Sestava číslo 8

Účel: Betonáž základových patek a desek.

Složení: Autodomíhávač + autočerpadlo.

## 1.9 Sestava číslo 9

Účel: Montáž prefabrikovaných konstrukcí.

Složení: Autojeřáb + nákladní automobily + zdvihací plošina.

## 2 Návrh strojů

### 2.1 Návrh nakladače

#### 2.1.1 Výpočet objemu suti skladované na pozemku

Pro výpočet objemu skladované suti byla ve výkresech odměřena plocha, na které se skládky nachází. Ta je zhruba 5860 metrů čtverečních. Suť je ulehlá a je skladována na hromadách vzniklých sklápěním do maximální výšky 2 metry. Plocha není vyplněna rovnoměrně, hromady mají přirozený sklon 45 stupňů. Mezi jednotlivými hromadami jsou rozestupy. Odhadované množství tedy je: 5860 metrů čtverečních x průměrná výška 0.8 metru = 4688 metrů krychlových.

#### 2.1.2 Stanovení výkonu nakladače

Nakladač kolový Caterpillar 966M s lopatou, se zuby na manipulaci s materiálem, upnutou na čep. Výpočet hodinového výkonu navrhovaného nakladače podle vzorce pro cyklicky pracující stroj podle vzorce:  $Q = \frac{3600}{t_c} \cdot O \cdot k_o \cdot k_v \cdot k_\xi \cdot k_i$

kde:

- $t_c$  – doba trvání 1 pracovního cyklu [s];
- $O$  – objem lopaty nakladače [m<sup>3</sup>];
- $k_o$  – koeficient pro přepočet na ulehlý stav suti;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití – ovlivňuje jej geometrie pohybu, plnění;
- $k_\xi$  – koeficient zohledňující časové, technické, pracovní a organizační překážky;
- $k_i$  – vliv člověka, motivace a zručnost pracovníků.

Volba koeficientů:

- $t_c$  – výpočet  $t_c = t_n + 2 \cdot t_p + t_v$ , kde:
  - $t_n$  je doba nabírání lopaty a zdvihání do přepravní polohy z videa pracovního cyklu 8-12 sekund;
  - $t_p$  je doba otáčení a přesunu k odvoznímu prostředku, která je díky střednímu kloubu nakladače v závislosti na úhlu mezi směrem nabírání a směrem vysypávání 15 až 25 sekund;
  - $t_v$  je doba vysypání dle technologického listu nakladače 10,3 sekundy;
  - celkem tedy  $= 10 + 2 \times 16 + 10,3 = 52,3$  sekundy.
- $O$  – objem lopaty Caterpillar 966M s lopatou se zuby, na manipulaci s materiálem, upnutou na čepy je  $4,40 \text{ m}^3$ ;
- $k_o$  – koeficient pro přepočítání na ulehlý stav suti podle zrnitosti suti. Byl odhadnut na 1,1;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití pro použitou lopatu s plněním 110 % a provádění nakládky suti z hromad se uvažuje 1,1;
- $k_\zeta$  – koeficient časových a organizačních překážek byl zvolen s ohledem na podrobnost plánování a hodinovou pauzu na oběd 0,75;
- $k_i$  – v modelovém stavu se předpokládají dostatečně motivovaní a zručné strojníci, a proto byl odhadnut  $k_i = 0,85$ ;

$$Q = \frac{3600}{52,3} \cdot 4,4 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 233,625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ z čehož lze}$$

pro nakladač stanovit normohodinu podle vzorce  $N_h = 1/Q = 0,004$ . [3]

## 2.2 Návrh dozeru

Pro výpočet objemu skrývaných živičných povrchů byla ve výkresech odměřena jejich plocha. Ta je zhruba 3041 metrů čtverečních. Povrch je nesouvislý, narušený prasklinami a výmoly. Předpokládaná hloubka spodní vrstvy je 30 centimetrů. Odhadované množství tedy je: 3041 metrů čtverečních x výška 0,3 metru = 912 metrů krychlových.

Stejný dozer bude použit pro srovnání větších nerovností po odkopávce a rozhrnutí navážené zeminy na terasách pro pilotovací stroj.

## 2.2.1 Pracovní cyklus dozeru

Živičné povrchy jsou roztroušené a v úzkých pruzích v místech bývalých komunikací. Z tohoto důvodu bude dozer Caterpillar D8T povrchy pouze shrnovat na hromady, ze kterých je bude kolový nakladač Caterpillar 966M následně nakládat na odvozní prostředek k odvozu na staveništní skládku pro pozdější využití. Živičné povrchy zřejmě nebudou příliš soudržné. V případě, že by měl dozer problémy, je shrnout a rozrušit s použitím vlastního rozrývače, dojde k jejich narušení pomocí rypadla Caterpillar 326 F s hydraulickým kladivem nebo lopatou.

Při srovnávacích pracích dozer nebude zeminu těžít, ale pouze rozhrnovat hromady do prohlubní. Jeho výkon tak bude větší a bude záviset výhradně na rychlosti vpřed a šířce radlice.

Dimenze použité radlice 8SU jsou: objem radlice 8,7 m<sup>3</sup>, šířka radlice 3940 mm, hloubkový dosah 575 mm, rychlost 1 vpřed 0,94 m/s, rychlost 2 vpřed 6,1 km/h a rychlost 2 vzad 2.22 m/S.

Výpočet hodinového výkonu navrhovaného dozeru Caterpillar D8T pro skrývku živičných povrchů podle vzorce pro cyklicky pracující stroj podle vzorce:

$$Q = \frac{3600}{t_c} \cdot O \cdot k_o \cdot k_v \cdot k_\zeta \cdot k_i \text{ kde:}$$

- $t_c$  – doba jednoho pracovního cyklu dozeru [s];
- $O$  – objem radlice dozeru [m<sup>3</sup>];
- $k_o$  – koeficient pro přepočítání na kompaktní stav povrchu;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití – ovlivňuje její geometrie pohybu, plnění;
- $k_\zeta$  – koeficient zohledňující časové, technické, pracovní a organizační překážky;
- $k_i$  – vliv člověka, motivace a zručnost pracovníků.

Volba koeficientů:

- $t_c$  – výpočet  $t_c = t_{t\dot{e}z} + t_{p\dot{r}es} + t_{\dot{r}az}$ , kde:
  - $t_{t\dot{e}z}$  je doba odtěžování povrchu do naplnění radlice  $= \frac{s}{v_1} = \frac{6,1}{0,94} = 6,5$  s, kde:

- dráha  $s$  byla vypočtena jako  $s = \frac{O}{\dot{s}_{rad} \cdot v_{t\dot{e}z}} = \frac{8,7 \cdot 0,83}{3,94 \cdot 0,3} \cong 6,1 \text{ m}$ ;
- rychlost  $v_1 = 0,94 \text{ m/s}$  je rychlost tlačení směrem dopředu;
- $t_{p\dot{r}es}$  je doba přesunu dozeru na další úsek  $= \frac{s}{v_2} = \frac{12,2}{2,22} = 5,5$  s, kde:
  - dráha  $s$  je uvažována jako dvojnásobná;
  - rychlost  $v_2 = 2,22 \text{ m/s}$  je rychlost couvání;
  - $t_{\dot{r}az}$  je doba řazení = 3 řazení x 2 s = 6 s;
  - celkem tedy  $= 6,5 + 5,5 + 6 = 18 \text{ s}$ .
- $O$  – objem radlice je  $8,7 \text{ m}^3$ ;
- $k_o$  – koeficient pro přepočítání na kompaktní stav byl odhadnut na 0,83;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití byl pro použitou radlici a geometrii zvolen 0,5;
- $k_{\dot{c}}$  – koeficient časových a organizačních překážek byl odhadnut, s ohledem na složitost skrývané plochy, možné překážky a hodinovou pauzu na oběd 0,6;
- $k_i$  – v modelovém stavu se předpokládají dostatečně motivovaní a zruční strojníci, a proto byl odhadnut  $k_i = 0,85$

$$Q = \frac{3600}{18} \cdot 8,7 \cdot 0,83 \cdot 0,5 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 368,27 \text{ m}^3/\text{h} = 0,102 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ z čehož lze}$$

pro dozer D8T a skrývku živice stanovit normohodinu podle vzorce  $Nh = 1/Q \cong 0,003$ .  
[4]

### 2.2.2 Plošný výkon dozeru

Pro srovnávání ploch ve výkopech a na terasách lze uvažovat rychlost dozeru D8T vpřed  $v_2 = 6,1 \text{ km/h}$  a šířku pruhu 3,94 metru. Teoretický výkon by tak byl  $Q_{\text{teor}} = 6100 \times 3,94 = 24034$  metrů čtverečních. Dozer však ztratí zhruba polovinu času couváním, řazením a otáčením. Při těchto činnostech radlice nic nerovná. Dále je nutné uvažovat překrývání vedlejších pruhů o zhruba 30 procent, možnost opakovaného rovnání jedné plochy. Je třeba také započítat koeficienty pro časové, organizační a motivační ztráty jako u předchozího návrhu. Reálný výkon tedy byl tedy odhadnut pomocí výpočtu:  $Q_{\text{real}} = \left( \frac{6100}{2} \cdot 3,94 \cdot 0,7 \cdot 0,25 \right) \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 1072 \text{ m}^2$ . Z čehož lze



pro dozer D8T a rovnací práce stanovit normohodinu podle vzorce  $N_h = 1/Q \cong 0,001$ . [4]

### **2.3 Návrh rypadel**

Na stavbě budou použita 3 rypadla různé velikosti:

Caterpillar 312 E pro výkop patek, základových jam, svahování, odvodnění[5]

Caterpillar 324 E pro bourací práce, odkopávky, výkopy nových sítí.[6]

Caterpillar 326 F pro bourací práce, likvidaci povrchů, likvidaci starých sítí.[7]

#### **2.3.1 Výpočet objemu zemních prací**

Pro výpočet objemů zeminy odkopávek byl použit rozšířený souřadnicový systém, který vymezil na pozemku 14 pruhů o šířce 6 metrů, s osami 1 až 11, 15, 16, 17 uprostřed. Na osách jsou umístěny řezy terénem, do kterých byly vyneseny výškové souřadnice povrchu od srovnávací výšky 324.000 B.p.v. Tyto výšky ležící na osách byly získány interpolací mezi známými body zaměřenými geodetem. V jednotlivých řezech byly následně doplněny předpokládané svahy po odkopání, narýsovány křivky ohraničující odkopávku nebo násyp. Zjištěné plochy v řezech poté vynásobíme šířkou pruhu, tím získáme dohad objemu zeminy pro odkopávku nebo násyp v konkrétním pruhu. Pro odkopávku 2 je použit stejný systém.

#### **2.3.2 Směr postupu odkopávky 1**

S odkopem zeminy se započne na jižní straně staveniště a bude se postupovat směrem na sever. V jednotlivých pruzích potom směrem od západu na východ až do požadovaného ukončení odkopávky svahem. Rypadlo bude v prvním pruhu osy 0 o menší šířce provádět odkop ve východním směru, s následným otočením o 180 stupňů a vysypáním do odvozního prostředku.

Další pruhy 1 až 8 pak rypadlo bude odkopávat ve směru příčném do maximálního délkového dosahu 6 metrů s otáčením o 90 stupňů pro vysypání do odvozního prostředku. A to v celém objemu a po celé délce pruhu s následným přesunutím opět na západní konec dalšího pruhu. Odvozní prostředky budou zeminu navážet na terasy pro provedení pilot opěrné stěny, od nejvyšší terasy směrem na západ.

### 2.3.3 Směr postupu odkopávky teras

S odkopem se započne na jihozápadním konci teras a bude postupovat na východ stejným způsobem jako u odkopávky číslo 1. Odkopávka teras leží na osách 9-17.

### 2.3.4 Stanovení pracovního cyklu rypadla

Výpočet hodinového výkonu navrhovaného rypadla podle vzorce pro cyklicky pracující stroj podle vzorce:  $Q = \frac{3600}{t_c} \cdot O \cdot k_o \cdot k_v \cdot k_{\xi} \cdot k_i$  kde:

- $t_c$  – doba trvání 1 pracovního cyklu [s];
- $O$  – objem lopaty rypadla [ $m^3$ ];
- $k_o$  – koeficient pro přepočtení na rostlý stav zeminy;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití – ovlivňuje její geometrie pohybu, plnění;
- $k_{\xi}$  – koeficient zohledňující časové, technické, pracovní a organizační překážky;
- $k_i$  – vliv člověka, motivace a zručnost pracovníků.

Výpočet hodinového výkonu navrhovaného rypadla pro patky, kterým je pásové rypadlo Caterpillar 312 E. Volba koeficientů:

- $t_c$  – výpočet  $t_c = t_{r\acute{y}p} + 2 \cdot t_{ot} + t_{vys}$  kde:
  - $t_{r\acute{y}p}$  je doba rýpání a nabírání lopaty rypadla 2 až 5 s;
  - $t_{ot}$  je doba otočení rypadla o  $90^\circ$  4 až 7 s;
  - $t_{vys}$  je doba vysypání do odvozního prostředku 2 s;
  - celkem tedy  $= 4 + 2 \times 6 + 2 = 18$  s.
- $O$  – objem lopaty zarovnané je  $0,65 m^3$ ;
- $k_o$  – koeficient pro přepočtení na rostlý stav zeminy byl zvolen podle třídy rozpojitelnosti 4 tedy 0,77;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití pro použitou zarovnanou lopatu rypadla a provádění patek byl zvolen 0,9;
- $k_{\xi}$  – koeficient časových a organizačních překážek byl odhadnut s ohledem na podrobnost plánování, přesuny a hodinovou pauzu na oběd 0,75;

- $k_i$  – v modelovém stavu se předpokládají dostatečně motivovaní a zručné strojníci, a proto byl odhadnut  $k_i = 0,85$

$$Q = \frac{3600}{18} \cdot 0,65 \cdot 0,77 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 57,43 \text{ m}^3/\text{h} \cong 0,016 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ z čehož}$$

lze pro rypadlo Caterpillar 312 E stanovit normohodinu podle vzorce  $N_h = 1/Q \cong 0,018$ . [5]

Výpočet hodinového výkonu navrhovaného rypadla pro odkopávky, kterým je pásové rypadlo Caterpillar 324 E. Volba koeficientů:

- $t_c$  – výpočet  $t_c = t_{r\acute{y}p} + 2 \cdot t_{ot} + t_{vys}$ , kde:
  - $t_{r\acute{y}p}$  je doba rypání a nabírání lopaty rypadla 3 až 5 s;
  - $t_{ot}$  je doba otočení rypadla k odvoznímu prostředku a zdvihu lopaty 5 až 10 s;
  - $t_{vys}$  je doba vysypání do odvozního prostředku 3 s;
  - celkem tedy  $= 3 + 2 \cdot 8 + 3 = 22 \text{ s}$ .
- $O$  – objem lopaty DB 1500GD zarovnané je  $1,87 \text{ m}^3$ ;
- $k_o$  – koeficient pro přepočtení na rostlý stav zeminy podle třídy rozpojitelnosti 4 je  $0,77$ ;
- $k_v$  – koeficient výkonového využití byl zvolen pro použitou zarovnanou lopatu rypadla a prováděné odkopávky  $1,1$ ;
- $k_\xi$  – koeficient časových a organizačních překážek byl odhadnut s ohledem na podrobnost plánování a hodinovou pauzu na oběd  $0,75$ ;
- $k_i$  – v modelovém stavu se předpokládají dostatečně motivovaní a zručné strojníci, a proto byl odhadnut  $k_i = 0,85$ ;

$$Q = \frac{3600}{22} \cdot 1,87 \cdot 0,77 \cdot 1,1 \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 165,23 \text{ m}^3/\text{h} = 0,046 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ z čehož}$$

lze pro rypadlo Caterpillar 324 E stanovit normohodinu podle vzorce  $N_h = 1/Q \cong 0,006$ . [6]

## 2.4 Návrh odvozních prostředků

Počet odvozních prostředků bude ve všech případech navrhován na plné využití obsluhovaného stroje. Ve výpočtu budou uvažovány nákladní automobily s objemem korby 12 metrů krychlových, rychlostí v terénu 3 kilometry za hodinu a

s maximální rychlostí na silnici 85 kilometrů za hodinu, s rychlostí 75 kilometrů za hodinu s nákladem. [8]

#### 2.4.1 Skladování výkopků a stavební suti.

Skladování výkopku zeminy po provedení odkopávky teras bude probíhat na stavebním pozemku v jeho západní části na hromadách o maximální výšce 4 metry.

Skladování suti pocházející ze stavebníkem demolovaných původních objektů, bude realizováno na jihozápadní části formou mezisklárky, ze které bude postupně odvážena k recyklaci tak, aby odvoz nenarušoval průběh stavby.

#### 2.4.2 Počet odvozních prostředků

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku:  $T_c = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$  [s],  
kde:

- $t_1$  – čas nakládky rypadlem  $= \frac{V_{korby}}{Q_{ryp} \cdot k_n}$  [s];
- $t_2$  – čas cesty naloženého prostředku na stavbě  $= \frac{S_2}{v_2}$  [s];
- $t_3$  – čas naloženého prostředku k likvidaci mimo stavbu  $= \frac{S_3}{v_3}$  [s];
- $t_4$  – čas prázdného prostředku zpět na stavbu  $= \frac{S_4}{v_4}$  [s];
- $t_5$  – čas vykládky [s];
- $t_6$  – čas cesty na výchozí pozici  $= \frac{S_6}{v_6}$  [s];

$V_{korby}$  je  $12 \text{ m}^3$ ,  $Q_{ryp}$  je výkon rypadla v  $\text{m}^3/\text{s} = 0,046 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $s$  jsou podle indexu délky úseků,  $v$  jsou podle indexu rychlosti na úsecích, koeficient nakypření  $k_n = 1,3$ .

Čas ztrát se určí jako 20 % z celkové délky cyklu  $T_z = 0,2T_c$ ;

$$T_e = \frac{T_c}{T_c + T_z} \cdot 3600 \text{ čas využití za hodinu [s];}$$

$$\text{Počet cyklů odvozního prostředku za hodinu } p_{\text{cykl}} = \frac{T_e}{T_c};$$

$$\text{Počet odvozní prostředků } n_{\text{odv}} = \frac{Q_{ryp}}{p_{\text{cykl}} \cdot V_{korby}}.$$

### 2.4.3 Odvozní prostředky pro nakladač.

Délka převozu suti od místa stavby do areálu firmy Pechan Roman – odpady je 13 kilometrů. Z celkové trasy mimo stavbu jsou 4 kilometry v obcích. Průměrná rychlost mimo stavbu naloženého prostředku je 65 kilometrů za hodinu = 18,1 metrů za sekundu, prázdného prostředku 72 kilometrů za hodinu = 20,2 metrů za sekundu. Trasa odvozního prostředku na stavbě je zhruba 150 metrů.

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku:  $T_c = 142 + 180 + 718 + 647 + 15 + 107 = 1809$  s, kde:

- $t_1$  – čas nakládky nakladačem =  $\frac{12}{0,065 \cdot 1,3} = 142$  s;
- $t_2$  – čas cesty naloženého prostředku na stavbě =  $\frac{150}{0,83} = 180$  s;
- $t_3$  – čas cesty naloženého prostředku mimo stavbu =  $\frac{13000}{18,1} = 718$  s;
- $t_4$  – čas prázdného prostředku zpět na stavbu =  $\frac{13000}{20,1} = 647$  s;
- $t_5$  – čas vykládky 15 s;
- $t_6$  – čas cesty na výchozí pozici po stavbě =  $\frac{150}{1,39} = 107$  s.

$$T_z = 0,2 \cdot 1809 \cong 362 \text{ s};$$

$$T_e = \frac{1809}{1809+362} \cdot 3600 = 3000 \text{ s};$$

$$\text{Počet cyklů odvozního prostředku za hodinu } p_{\text{cykl}} = \frac{3000}{1809} = 1,66 \text{ cyklů/hodinu};$$

Počet odvozních prostředků  $n_{\text{odv}} = \frac{233,625 \cdot 1,3}{1,66 \cdot 12} = 15,25$  počet potřebných prostředků pro plynulý odvoz stavební suti na hromadách bude 16. [3] [8]

### 2.4.4 Odvozní prostředky pro rypadlo malé

Délka převozu zeminy pro převoz výkopku na staveništní skládku od místa nakládky od rypadla Caterpillar 312 E k místu vysypání po stavbě je průměrně 150 metrů. Čas vysypání 15 s.

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku:  $T_c = 576 + 180 + 15 + 108 = 1143$  s, kde:

- $t_1$  – čas nakládky rypadlem =  $\frac{12}{0,016 \cdot 1,3} = 576$  s;

- $t_2$  – čas cesty naloženého prostředku na stavbě =  $\frac{150}{0,83} = 180$  s;
- $t_5$  – čas vykládky 15 s;
- $t_6$  – čas cesty na výchozí pozici =  $\frac{150}{1,39} = 108$  s.

$$T_z = 0,1 \cdot 1143 \cong 114 \text{ s};$$

$$T_e = \frac{1143}{1143+114} \cdot 3600 = 3273 \text{ s.}$$

$$\text{Počet cyklů odvozního prostředku za hodinu } p_{\text{cykl}} = \frac{3273}{1143} = 2,86 \text{ cyklů/hodinu};$$

$$\text{Počet odvozních prostředků } n_{\text{odv}} = \frac{57,43 \cdot 1,3}{2,86 \cdot 12} = 2,18 \text{ počet potřebných prostředků}$$

bude 3. [5] [8]

#### 2.4.5 Odvozní prostředky pro rypadlo velké

Délka převozu zeminy pro převoz odkopávky na terasy od místa nakládky od rypadla Caterpillar 324 E k místu vysypání po stavbě je průměrně 250 metrů. Čas vysypání 15 s.

Čas pracovního cyklu odvozního prostředku:  $T_c = 200 + 300 + 15 + 180 = 695$  s, kde:

- $t_1$  – čas nakládky rypadlem =  $\frac{12}{0,046 \cdot 1,3} = 200$  s;
- $t_2$  – čas cesty naloženého prostředku na stavbě =  $\frac{250}{0,83} = 300$  s;
- $t_5$  – čas vykládky 15 s;
- $t_6$  – čas cesty na výchozí pozici =  $\frac{250}{1,39} = 180$  s.

$$T_z = 0,2 \cdot 695 \cong 139 \text{ s};$$

$$T_e = \frac{695}{695+139} \cdot 3600 = 3000 \text{ s.}$$

$$\text{Počet cyklů odvozního prostředku za hodinu } p_{\text{cykl}} = \frac{3000}{695} = 4,32 \text{ cyklů/hodinu};$$

Počet odvozních prostředků  $n_{\text{odv}} = \frac{165,23 \cdot 1,3}{4,32 \cdot 12} = 4,14$ , počet potřebných prostředků bude 5. [6] [8]

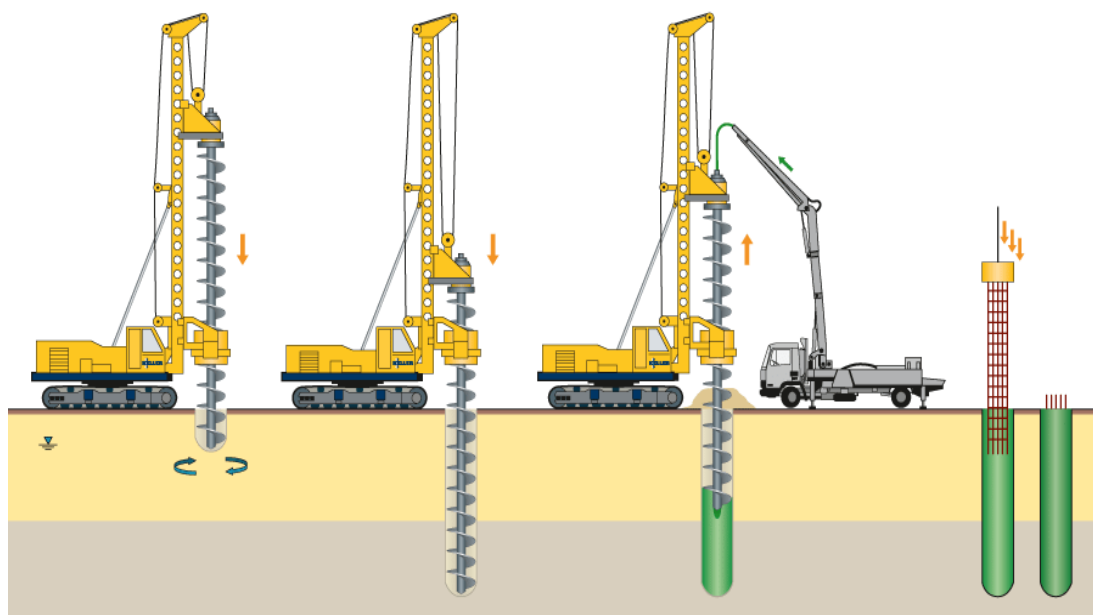
## 2.5 Metoda provádění pilot

Piloty budou díky malé celkové délce kolem 12 metrů, poměrně soudržnému okolí vrtu po většině délky piloty a velkému množství pilot, prováděny metodou CFA, tedy metodou vývrtu průběžným šnekem s okamžitou betonáží pomocí hlavice a následným zasunutím armokoše. Beton pro piloty se bude čerpat pomocí stabilního čerpadla z přistavených autodomíchávačů. [10] [11]

### 2.5.1 Vrtná souprava

Jako vrtná souprava bude použita SR-30 EVO Soilmec. V konfiguraci 4° line pull pro CFA piloty má vrtná souprava následující parametry:

- Maximální průměr piloty je 900 milimetrů, což odpovídá projektované hodnotě.
- Pracovní váha vrtné soustavy je přibližně 35,0 tun.
- Maximální délka piloty pomocí průběžného šneku je 17,500 metru, což dostatečně převyšuje požadovanou délku 12 metrů.
- Při použití rotační hlavice a optimální síly na šneku dle technologického listu odhadneme z grafu závislosti torzní síly na rychlosti otáčení na 10-12 otáček za minutu. [9]



Obr. č. 01 Schéma provádění CFA pilot. [10]

## 2.6 Návrh autočerpádl

Pomocí autočerpádl budou prováděny následující činnosti:

- betonáž základových patek pro sloupy hal;
- betonáž základových desek anglických dvorků;
- betonáž zmonolitnění paty anglických dvorků.

### 2.6.1 Stanoviště autočerpádl

Pro autočerpádl budou zřízena 2 stanoviště. Ke stanovištím bude zřízena staveništní komunikace ze silničních panelů o šířce 4 metry. Autočerpádl použije ustavení na 4 podpěry, které budou ustaveny na dřevěné trámký a roznášecí desku výbavy autočerpádl.

Stanoviště č. 1 se nachází v hale SO01 bez vestavby, s vjezdem mezi osami patek D a E, v maximální hloubce 26 metrů od hrany objektu. Z tohoto stanoviště se budou betonovat patky označené čísly 1 a 2 a vše u anglických dvorků.

Stanoviště č. 2 se nachází v hale SO02, s vjezdem mezi osami M a N, s maximální hloubkou vjezdu do objektu 42 metrů od hrany objektu. Z tohoto stanoviště se budou betonovat patky označené číslem 3.

### 2.6.2 Navrhované čerpádl

Pro betonáže bude použito autočerpádl od dodavatele betonové směsi, kterým je Českomoravský beton, a. s., betonárna Plzeň, Ke Karlovu 8, 316 00 Plzeň.

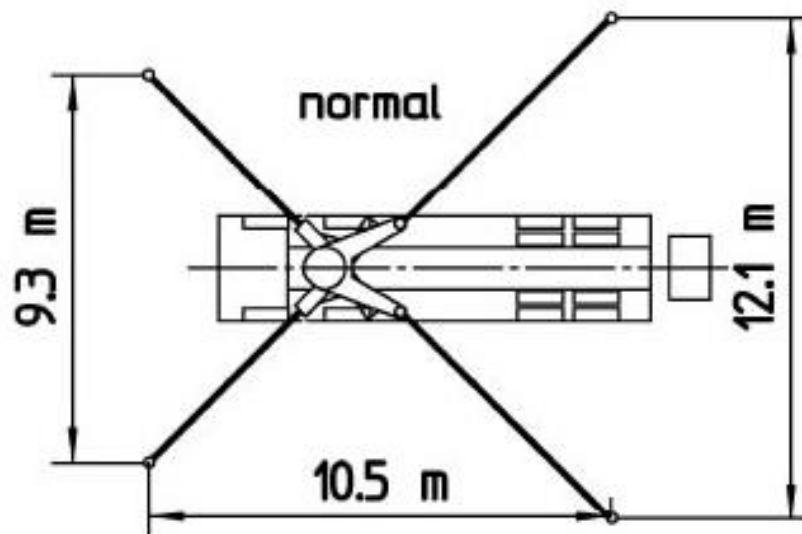
Kvůli omezení přejíždění během samotné betonáže a minimalizaci potřebných zpevněných ploch pro betonáže, se navrhuje čerpádl M56 s výškovým dosahem 56 metrů. Dodavatel nemá uveřejněny technické listy autočerpádel, ale byl nalezen produktový list čerpádl se stejnými dosahy, Putzmeister 56-5 a jeho charakteristiky:

DN čerpacího potrubí pro směs je 125 milimetrů

Tlak 85 bar

Maximální objem směsi 160 m<sup>3</sup>/h [21]





Obr. č. 02 Rozměry rozloženého autočerpadla [21]

### 2.6.3 Návrh počtu autodomíchávačů

Maximální výkon autočerpadla je  $160 \text{ m}^3/\text{h}$ . Takové číslo je však u provádění této stavby a zejména patek sloupů nereálné. Při výpočtu trvání jednotlivých činností se předpokládá zpracování zhruba 1 autodomíchávače o objemu  $8 \text{ m}^3$  za 1 hodinu. Návrh počtu autodomíchávačů pro plynulé zásobování čerstvou směsí vychází ze stejného vzorce jako návrh odvozních prostředků.

Délka převozu směsi od místa výroby na stavbu je 7,1 kilometrů. Z celkové trasy mimo stavbu jsou 2,5 kilometry v obcích. Průměrná rychlost naloženého autodomíchávače mimo stavbu je 67,7 kilometrů za hodinu = 18,8 metrů za sekundu. Prázdného pak 72,7 kilometrů za hodinu = 20,2 metrů za sekundu. Trasa na stavbě je dlouhá zhruba 200 metrů. [20] [21]

Čas pracovního cyklu autodomíchávače:  $T_c = 3600 + 241 + 378 + 351 + 300 + 144 = 5014 \text{ s}$ , kde:

- $t_1$  – čas vykládky =  $1h = 3600 \text{ s}$ ;
- $t_2$  – čas cesty naloženého autodomíchávače na stavbě =  $\frac{200}{0,83} = 241 \text{ s}$ ;
- $t_3$  – čas cesty naloženého autodomích. mimo stavbu =  $\frac{7100}{18,8} = 378 \text{ s}$ ;
- $t_4$  – čas prázdného prostředku zpět =  $\frac{7100}{20,2} = 351 \text{ s}$ ;
- $t_5$  – čas nakládky v betonárně 300 s;

- $t_6 - \text{čas cesty na výchozí pozici po stavbě} = \frac{200}{1,39} = 144 \text{ s.}$

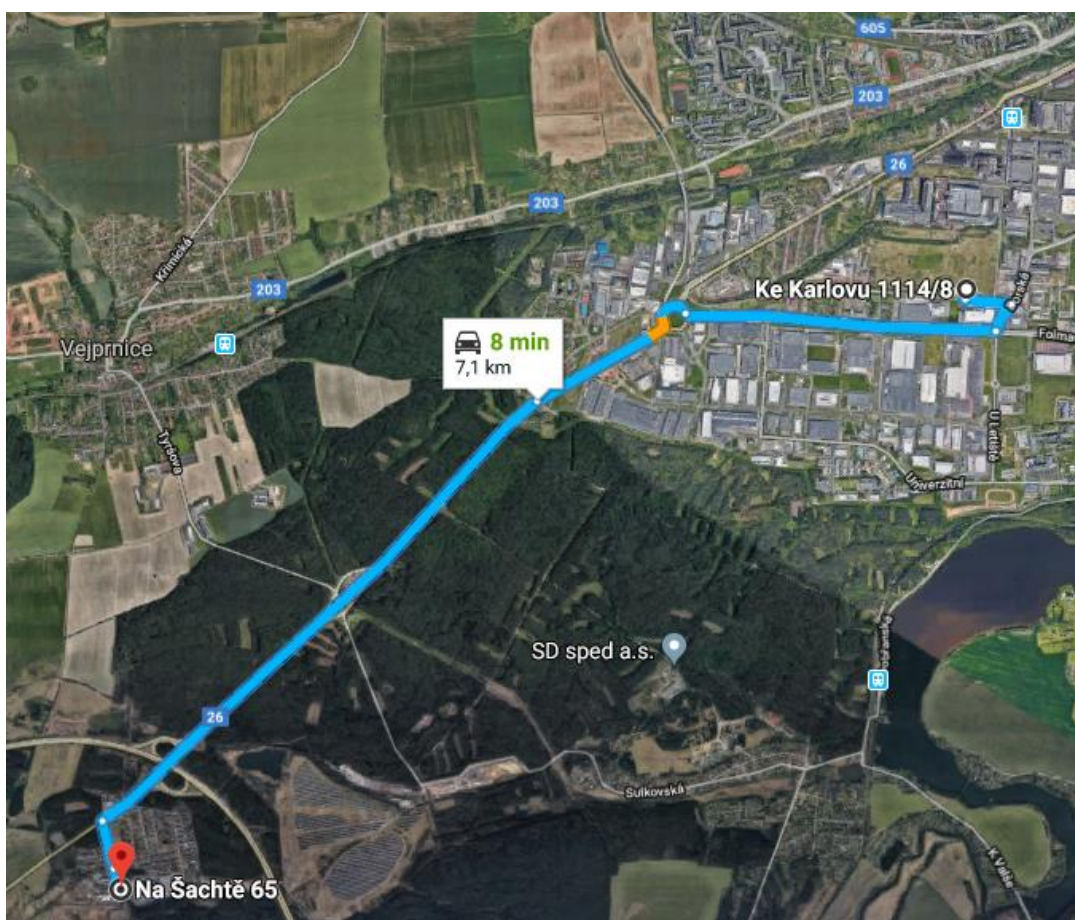
$$T_z = 0,1 \cdot 5014 \cong 501 \text{ s;}$$

$$T_e = \frac{5014}{5014+501} \cdot 3600 = 3273 \text{ s.}$$

Počet cyklů odvozního prostředku za hodinu  $p_{\text{cykl}} = \frac{3273}{5014} = 0,65 \text{ cyklů/hodinu;}$

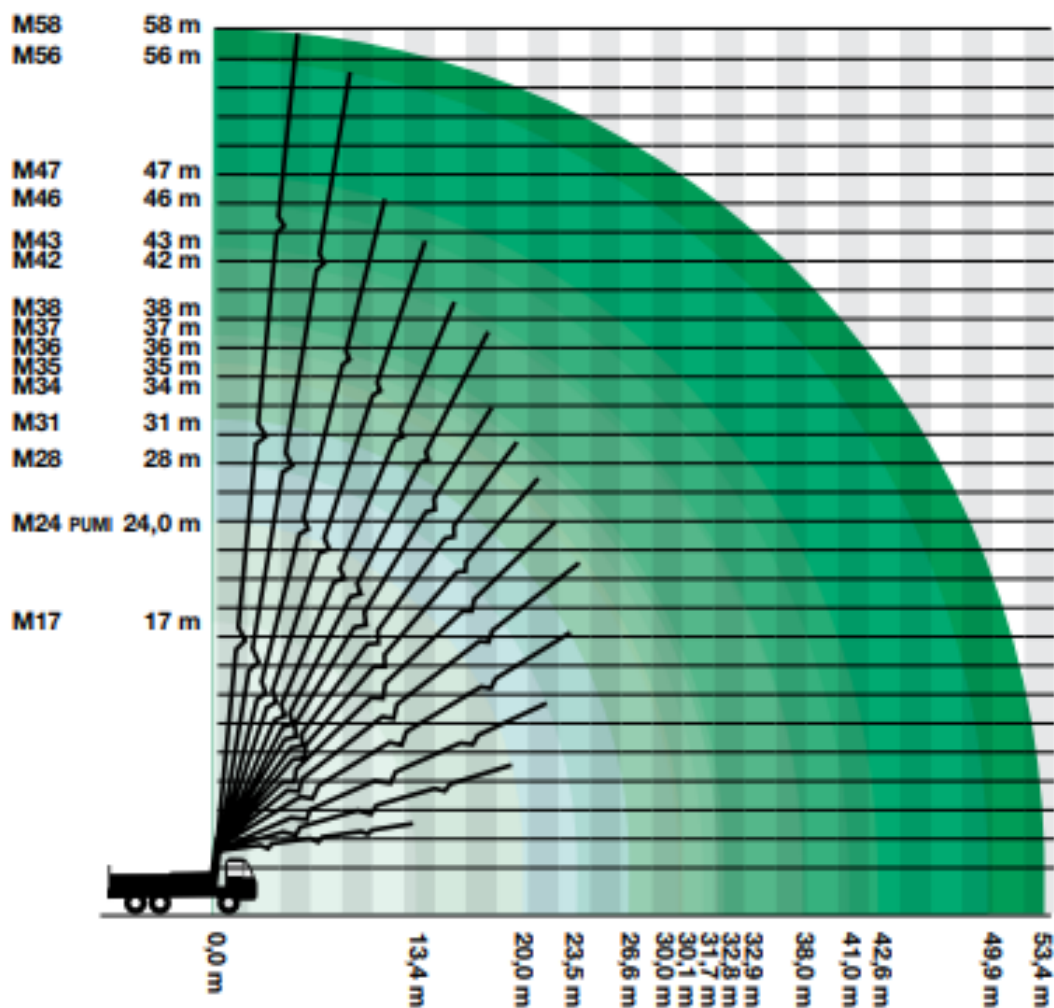
Počet odvozní prostředků  $n_{\text{odv}} = \frac{8}{0,65 \cdot 8} = 1,54.$

Počet potřebných prostředků pro plynulé zásobení bude 2. [20]



Obr. č. 03 Trasa dodávky betonové směsi [20]

## Rozměrová tabulka



| Typ čerpadla                       | M17    | M24 PUMI | M28    | M31    | M34    | M35   | M36    | M37    | M38    | M42    | M43    | M46     | M47     | M56     | M58     |
|------------------------------------|--------|----------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Rozměry pro<br>ustavení stroje (m) | 4,97 m | 7,50 m   | 8,80 m | 8,80 m | 8,80 m | 7,1 m | 8,80 m | 8,80 m | 7,80 m | 8,80 m | 8,70 m | 12,80 m | 13,80 m | 16,80 m | 17,80 m |
| Šířka vpředu (m)                   | 2,5    | 4        | 6      | 6,3    | 6,2    | 6,3   | 6,3    | 6,96   | 6,3    | 8      | 8,3    | 8       | 8,3     | 9,3     | 8,9     |
| Šířka vzadu (m)                    | 2,5    | 2,5      | 3,6    | 6,3    | 5,7    | 6,2   | 6,3    | 6,75   | 7,3    | 8      | 8,3    | 8,9     | 8,3     | 12,1    | 12,5    |
| Délka (m)                          | 8,5    | 9,9      | 9,3    | 10     | 10,8   | 10,65 | 11,3   | 11,7   | 11,4   | 13,1   | 11,6   | 12      | 11,8    | 14,4    | 15      |
| Výška (m)                          | 17     | 24       | 28     | 31     | 34     | 35    | 36     | 37     | 38     | 42     | 43     | 46      | 47      | 56      | 58      |
| Vzdálenost (m)                     | 13,4   | 20       | 23,5   | 26,6   | 30     | 30,1  | 31,7   | 32,9   | 32,9   | 37,6   | 38,1   | 41      | 42,6    | 49,9    | 53,4    |
| Hloubka (m)                        | 8      | 12,4     | 17,5   | 20,5   | 22,5   | 23    | 23,7   | 25,3   | 25,3   | 30,7   | 28     | 31,5    | 36      | 40,3    | 44      |
| Vzdálenost od<br>kabiny auta (m)   | 12,4   | 19,2     | 21,46  | 24,3   | 27,5   | 27,1  | 29,3   | 30     | 30,3   | 34,7   | 35,1   | 38,2    | 42      | 45,6    | 49,6    |

Obr. č. 04 dosahy autočerpadla [22]

## 2.7 Návrh autojeřábu

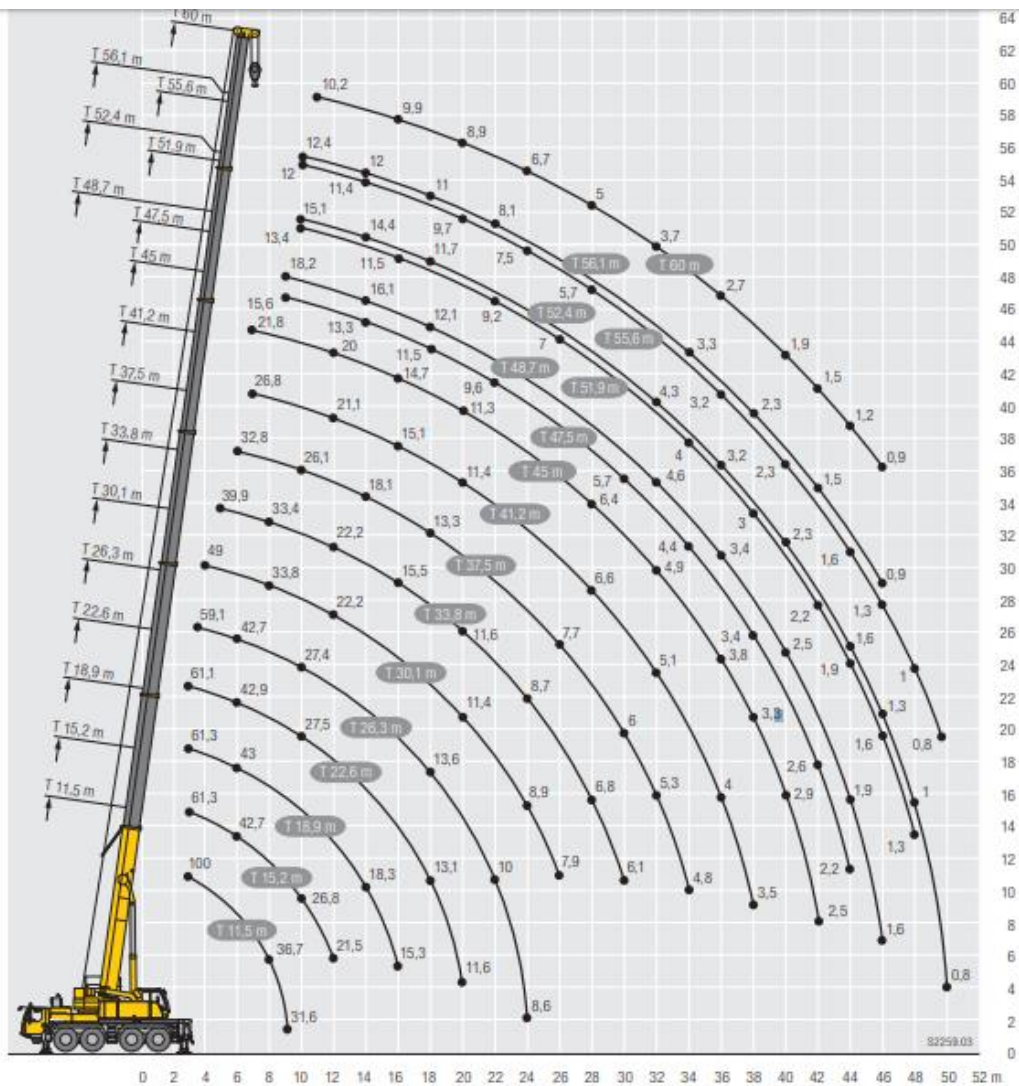
Autojeřáb bude použit na montáž zařízení staveniště, montáž všech prefabrikovaných dílců opěrných zdí a kompletaci hrubé vrchní stavby hal. Rozhodující pro jeho návrh bude hmotnost největšího přesouvaného prefabrikátu a potřebný výškový a dálkový dosah.

Za nejtěžší prefabrikáty byl zvolen hlavní příčné vazníky v rovině střechy. Přesná výrobní dokumentace není k dispozici, autor vycházel z geometrie. Vazník je dlouhý 30070 milimetrů, z čehož je na každé straně 300 milimetrů ozub uložení. Výška vazníku na krajích pole je 950 a uprostřed pole 1400 milimetrů. Jeho příčným průřezem je I se stojinou šířky 150 a pásnicemi šířky 600 milimetrů. Průměrná výška je 1175 milimetrů, z čehož vychází plocha v řezu přibližně 0,4 metru čtverečních. Objemová hmotnost betonu a výztuže byla odhadnuta na 2200 kg/m<sup>3</sup>. Vynásobením rozměrů 32x0,4x2,2 získáváme odhadovanou váhu 28,16 tuny.

Daný vazník se musí zdvihnout do výšky 10 metrů při vyložení 10 metrů. V době zdvihání je již navedena a zhutněna minimálně část základových podsypů haly. Jeřáb najíždí do prostoru haly, vazník je přivezen za něj. Při montáži tak dochází k otočení o 180 stupňů.

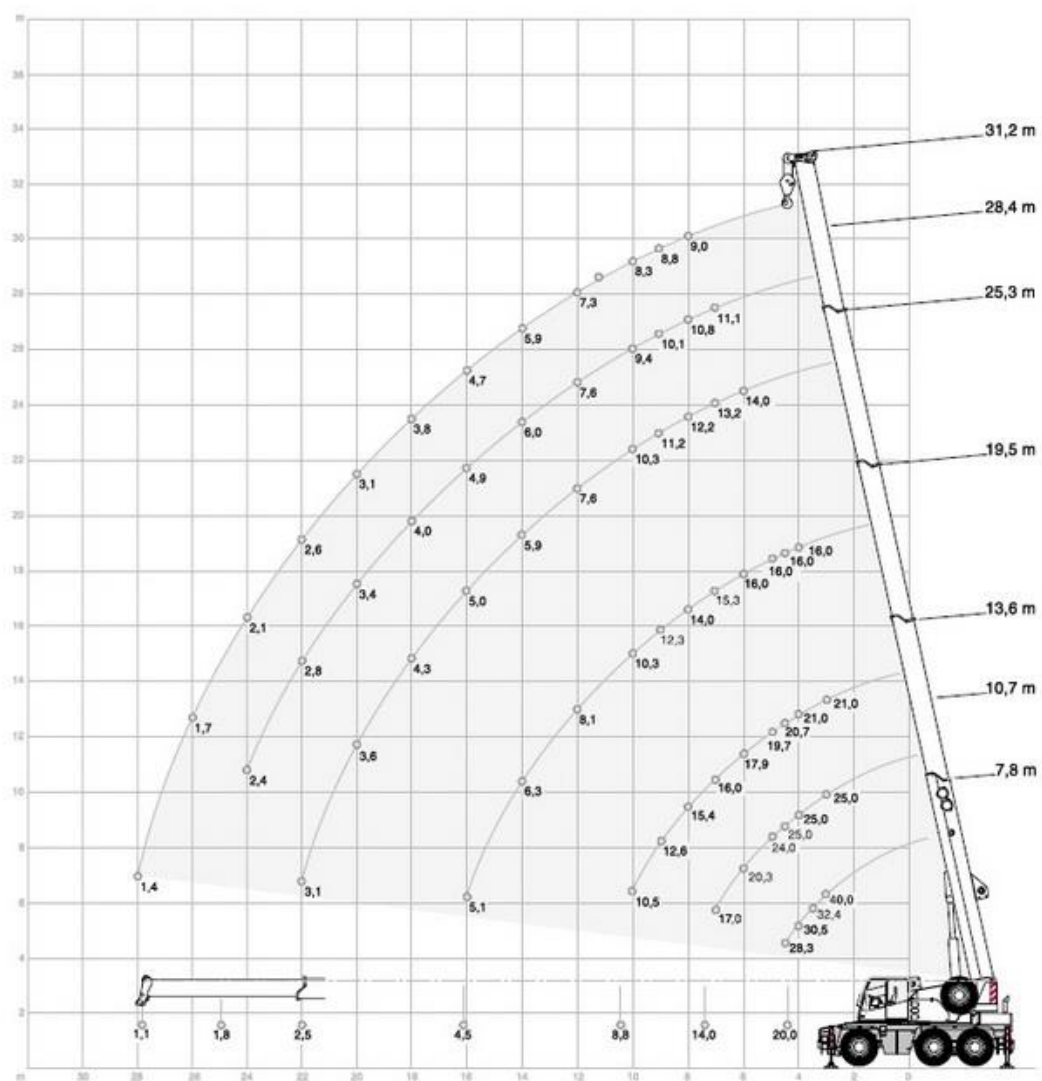
Navrhovaný zdvihací prostředek je autojeřáb do 100 t LIEBHERR LTM 1100-4.2 s únosností do 100 tun. [17]

U nejtěžších stropních vazníků bude použit postup letmé montáže, kdy budou ihned po přivezení na stavbu zabudovány na své konečné místo. U lehčích dílců budou dopravovány



Obr. č. 05 Diagram závislosti únosnosti na vyložení navrhovaného jeřábu [18]

Navrhovaný jeřáb by byl pro některé lehčí konstrukce zbytečně předimenzovaný a tím i drahý. Proto se na montáž lehčích systémů použije autojeřáb do 40 tun Demag AC 40-1, který má lepší pohyblivost uvnitř haly.



Obr. č. 06 Diagram závislosti únosnosti na vyložení navrhovaného jeřábu [19]