

Technologia robót budowlanych

dr inż. Sebastian Olesiak

Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki

Pokój 309, pawilon A-1 (poddasze)

e-mail: olesiak@agh.edu.pl

WWW <http://home.agh.edu.pl/olesiak>

Technologia robót budowlanych

Roboty ziemne

**Zasady obliczania wydajności eksploatacyjnych
maszyn do robót ziemnych**

Schematy pracy maszyn do robót ziemnych

Grunty – podział i cechy

Kategoria gruntu*	Rodzaj gruntu	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Współczynnik spulchnienia gruntu S_{sp}	Przeciętne spulchnienie po odspojeniu od pierwotnej objętości [%]	Współczynnik spulchniania gruntu w trakcie jego urabiania i transportu	Współczynnik spulchniania gruntu po jego zagęszczeniu lub długotrwałym osiadaniu gruntu uprzednio spulchnionego
I	Piasek suchy i mało wilgotny	1,6	1,05÷1,17	5÷15	1,080÷1,017	1,010÷1,025
	Gleba uprawna	1,2		5÷15	1,15÷1,25	1,02÷1,03
	Torf bez korzeni	0,8÷1,0		20÷30	1,20÷1,30	1,03÷1,04
II	Piasek wilgotny	1,7	1,10÷1,20	15÷25	1,10÷1,20	1,010÷1,025
	Piasek gliniasty, pył i lessy wilgotne twarde-plastyczne	1,8		15÷25	1,12÷1,20	1,010÷1,025
	Gleba z korzeniami o średnicy do 30 mm	1,3		15÷25	1,15÷1,25	1,02÷1,03
	Torf z korzeniami o średnicy do 30 mm	1,1		20÷30	1,20÷1,30	1,03÷1,04
	Nasyp piaszczysty z zanieczyszczeniami	1,8		15÷25	1,12÷1,20	1,010÷1,025
	Żwir o wymiarach do 25 mm (bez spoiwa)	1,7		15÷25	1,08÷1,15	1,010÷1,025
III	Piasek gliniasty, pył i lessy mało wilgotne pół-zwarte	1,9	1,10÷1,25	20÷30	1,10÷1,20	1,02÷1,03
	Gleba z korzeniami o średnicy ponad 30 mm	1,4		20÷30	1,20÷1,30	1,02÷1,03
	Torf z korzeniami o średnicy ponad 30 mm	1,3		20÷30	1,20÷1,30	1,03÷1,04
	Nasyp zleżały z piasku gliniastego, pyłu i lessu z gruzem, tłuczniem lub odpadkami drewna	1,9		20÷30	1,15÷1,25	1,02÷1,03

Grunty – podział i cechy

Kategoria gruntu*	Rodzaj gruntu	Gęstość objętościowa [kg/m ³]	Współczynnik spulchnienia gruntu S_{sp}	Przeciętne spulchnienie po odspojeniu od pierwotnej objętości [%]	Współczynnik spulchniania gruntu w trakcie jego urabiania i transportu	Współczynnik spulchniania gruntu po jego zagęszczeniu lub długotrwałym osiadaniu gruntu uprzednio spulchnionego
III	Żwir mało spoisty, rumosz skalny zwietrzelinowy z otoczkami o wymiarach do 40 mm	1,8	1,10÷1,25	20÷30	1,25÷1,35	1,04÷1,06
	Gлина, glina zwięzła i ropy wilgotne, twar doplastyczne i plastyczne, bez głązów	2,0		20÷30	1,20÷1,30	1,03÷1,05
IV	Less suchy zwarty	2,0	1,25÷1,35	25÷35	1,28÷1,33	1,09÷1,12
	Nasyp zleżały z gliny lub ropy z gruzem, tłucznem i odpadkami drewna lub głązami o masie do 25 kg, stanowiącymi do 10% objętości gruntu	1,95		25÷35	1,20÷1,30	1,05÷1,10
	Gлина, glina zwięzła i ropy mało wilgotne, półzwarte i zwarte	2,0		25÷35	1,28÷1,33	1,09÷1,12
	Gлина zwałowa z głązami do 50 kg stanowiącymi do 10% objętości gruntu	2,1		25÷35	1,28÷1,33	1,08÷1,12
	Gruz ceglany i rumowisko z blokami do 50 kg	1,75		25÷35	1,03÷1,35	1,10÷1,15
	Hołupek miękki	2,0		25÷35	1,30÷1,35	1,10÷1,15
	Rumosz wietrzelinowy o wymiarach do 90 mm	2,0		25÷35	1,25÷1,35	1,04÷1,06
	Grube otoczki o wymiarach do 90 mm z głązami o masie do 10 kg	1,9		25÷35	1,25÷1,35	1,04÷1,06

Spycharki – zadania

- **Prace przygotowawcze i pomocnicze:**
 - usuwanie ziemi roślinnej,
 - karczowanie,
 - spulchnianie,
 - prace porządkowe po koparkach w wykopach.
- **Zasypywanie wykopów i obsypywanie fundamentów.**
- **Prace niwelacyjne.**
- **Wykonywanie szerokoprzestrzennych wykopów fundamentowych o głębokości do 2 m.**
- **Kształtowanie i zagęszczanie nasypów o wysokości do 2 m.**
- **Przemieszczanie i gromadzenie urobku po robotach strzałowych.**
- **Środek ciągnący lub przesuwający:**
 - zrywarę,
 - zgarniarę (popychacz),
 - walce (ciężkie zestawy)
 - zestawy przenośników taśmowych.
- **Nagarnianie materiałów sypkich.**

Spycharki – dobór wielkości

Wielkość robót na jednym placu budowy [m³]	Intensywność robót [m³/zm.]	Ekonomicznie uzasadnione wielkości spycharek [kW]
do 600	nie określona	40÷48
600÷1500	do 250 250÷430 powyżej 430	40÷48 55 73
1500÷60000	do 400 400÷800 powyżej 800	40÷55 73 103÷125
powyżej 25000	do 400 400÷800 800÷1200 powyżej 1200	40÷55 73 103÷125 184÷220

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

$$W_e = \frac{60}{t} \cdot q \cdot S_n \cdot S_s \cdot S_w \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna spycharki, m³/h

t – czas cyklu roboczego pracy spycharki, min

q – efektywna pojemność lemiesza, m³

S_n – współczynnik napełnienia lemiesza zależny od kategorii gruntu i sposobu przemieszczania gruntu

S_s – współczynnik spoistości gruntu, równy odwrotności współczynnika spulchnienia $S_s = 1/S_{sp}$

S_w – współczynnik wykorzystania czasu roboczego spycharki

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

Kategoria gruntu	Współczynnik spoistości gruntu S_s	Współczynnik napełnienia lemiesza gruntem przy przemieszczaniu S_n			
		w poziomie		pod górę na pochyłości	
		LEMIESZE		LEMIESZE	
		czołowe	nastawne	czołowe	nastawne
I	0,87	0,80	1,00	0,60	0,75
II	0,83	0,85	1,10	0,63	0,78
III	0,80	0,90	1,30	0,67	0,85
IV	0,77	1,00	1,40	0,70	1,00

Współczynnik wykorzystania czasu roboczego spycharki	S_w
- przy zdejmowaniu ziemi roślinnej	0,90
- przy robotach niwelacyjnych	0,85
- przy płytkich wykopach fundamentowych	0,80
- przy zasypywaniu wykopów	0,75
- przy współpracy z koparkami i zgarniarkami	0,60

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

$$t = t_s + t_n \text{ [min]}$$

t – czas cyklu roboczego pracy spycharki, min

t_s – czas skrawania (nagarniania) urobku do chwili napełnienia lemiesza, min

t_n – czas wykonania czynności niezależnych od kategorii gruntu i przemieszczenia urobku (jest wartością stałą dla danego typu spycharki), min

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

$$t_s = \frac{60}{1000} \left(\frac{l_s}{v_s} + \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_s + l_p}{v_{pp}} \right) [\text{min}]$$

t_s – czas skrawania (nagarniania) urobku do chwili napełnienia lemiesza, min

l_s – długość odcinka skrawania względnie napełniania, m

l_p – długość odcinka przemieszczania urobku, m

v_s – prędkość jazdy w trakcie skrawania (jazda na I biegu), km/h

v_p – prędkość przemieszczania z urobkiem (jazda na II biegu), km/h

v_{pp} – prędkość jazdy powrotnej, jałowej (jazda na III lub IV biegu lub jazda tyłem), km/h

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

$$t_n = t_b + t_z + t_o \text{ [min]}$$

t_n – czas wykonania czynności niezależnych od kategorii gruntu i przemieszczenia urobku (jest wartością stałą dla danego typu spycharki), min

t_b – czas potrzebny na zmianę biegu ($\approx 5 \text{ s} = 0,08 \text{ min}$), min

t_z – czas jednorazowej zmiany kierunku jazdy ($\approx 30 \text{ s} = 0,5 \text{ min}$), min

t_o – czas potrzebny na opuszczenie i podniesienie lemiesza ($\approx 10 \text{ s} = 0,2 \text{ min}$), min

Schemat zygzakowy praktykowany do 30 m

$$t_n = 2 \cdot t_b + 0 + t_o \text{ [min]}$$

Schemat z zawracaniem praktykowany od 30 m

$$t_n = 2 \cdot t_b + 2 \cdot t_z + t_o \text{ [min]}$$

Określenie wydajności eksploatacyjnej spycharki W_e

$$q = Q \cdot \mu \text{ [m}^3 \text{]}$$

q – efektywna pojemność lemiesza, m³

Q – katalogowa pojemność lemiesza, m³

μ – współczynnik napełnienia lemiesza

• grunty sypkie $\mu = 1 - 0,01 \cdot l_p$

• grunty spoiste $\mu = 1 - 0,005 \cdot l_p$

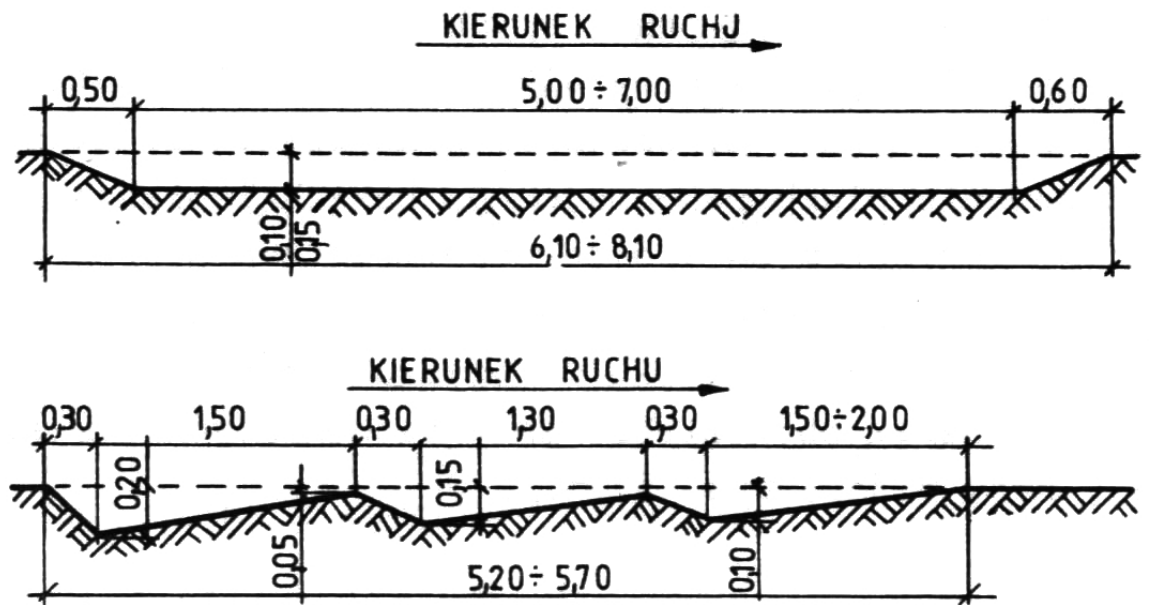
Spycharki – uzupełnienie

Grubość skrawania d zależy od kategorii gruntu i wynosi:

- w gruntach I i II kategorii do 15 cm, przy zastosowaniu schematu płaskiego,
- w gruntach III kategorii do 30 cm, przy zastosowaniu schematu grzebieniowego,
- w gruntach IV kategorii do 15 cm, przy zastosowaniu schematu grzebieniowego (dla tej kategorii gruntu należy wcześniej zastosować zrywarki celem spulchnienia gruntu).

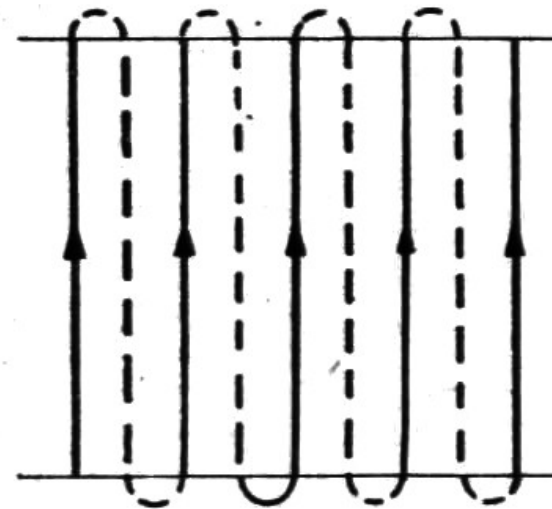
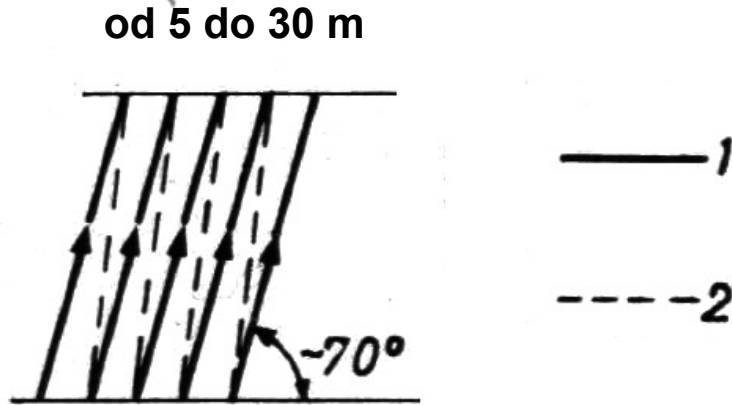
Długość odcinka skrawanego l_s wynosi:

$$l_s = \frac{Q \cdot S_n \cdot S_s}{L \cdot d} \text{ [m]}$$



Spycharki – uzupełnienie

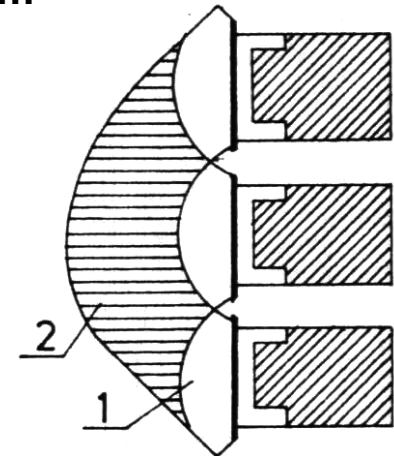
Schemat pracy spycharki przy przemieszczaniu urobku



od 30 do 80 m

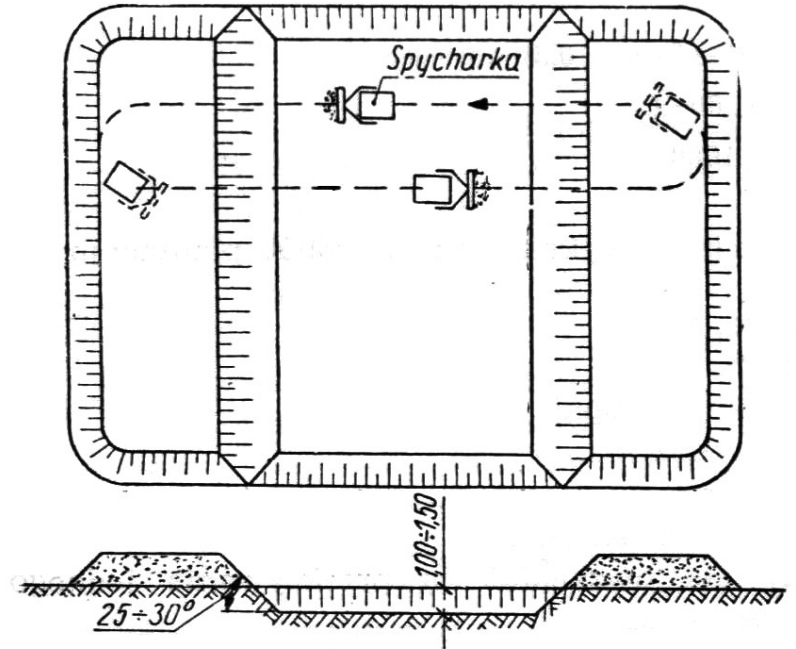
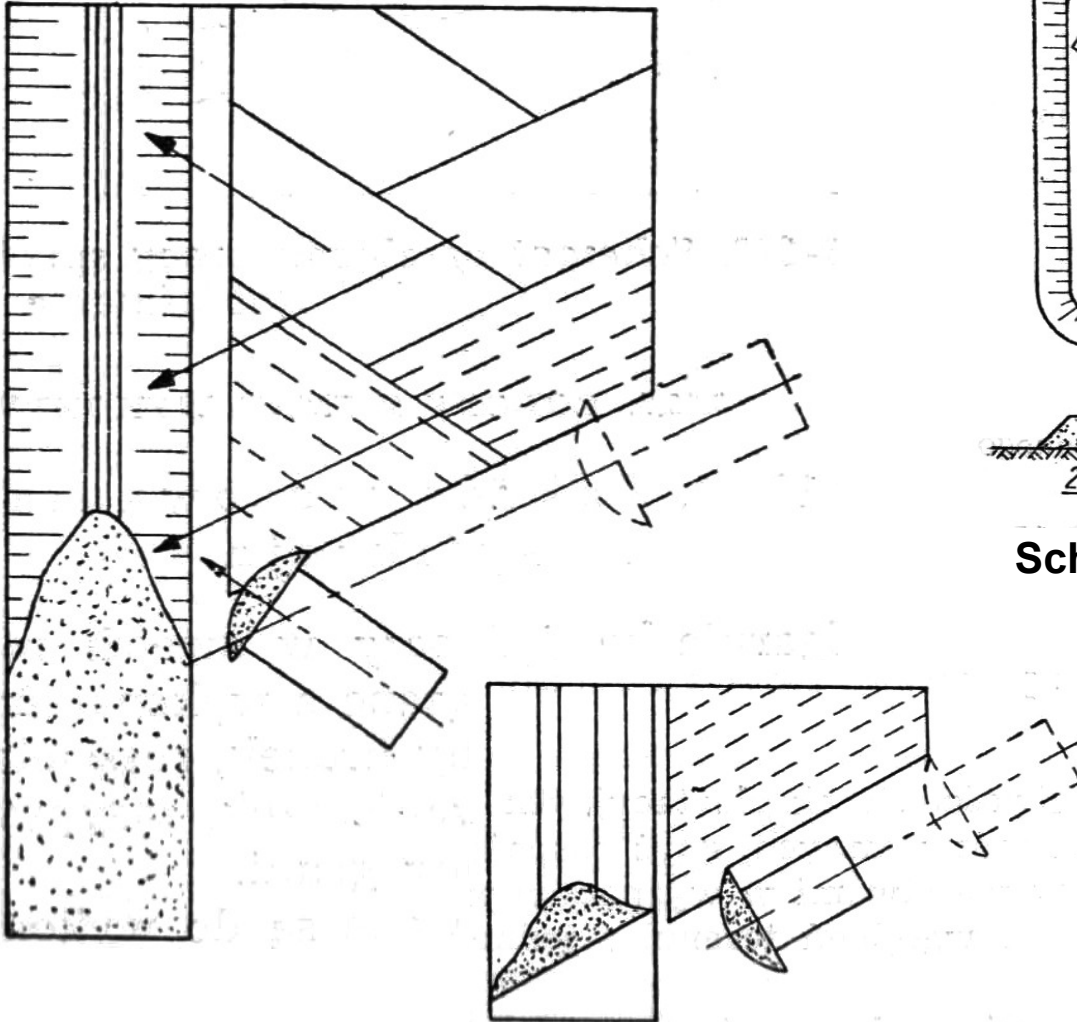
Spycharki powinny pracować zespołowo gdyż wpływa to na poprawę wydajności:

- w gruntach I i II kategorii, w zespole trzech maszyn,
- w gruntach III kategorii, w zespole dwóch maszyn,
- w gruntach IV kategorii indywidualnie a niekiedy praca spycharki poprzedzona musi być przez zrywarkę.



Spycharki – uzupełnienie

Schematy pracy spycharki w trakcie zasypywania rowów i wykopów fundamentowych



Schematy pracy spycharki w trakcie wykonywania wykopów

Określenie wydajności eksploatacyjnej zrywarki W_e

$$W_e = \frac{b \cdot h \cdot l \cdot S_w}{\frac{l}{1000 \cdot v} + t_z} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna zrywarki, m³/h

b – szerokość spulchnionego pasa z uwzględnieniem zakładu jednego pasa na drugi od 10 do 30 cm, m

h – głębokość rozdrabniania, m

l – długość przejazdów roboczych zrywarki, m

S_w – współczynnik wykorzystania czasu roboczego spycharki (**0,80 ÷ 0,85**)

v – prędkość jazdy roboczej zrywarki (I lub II bieg w zależności od kategorii gruntu), km/h

t_z – czas jednorazowej zmiany kierunku jazdy ($\approx 10 \text{ s} = 0,2 \text{ min} = 0,003 \text{ h}$), h

Określenie wydajności eksploatacyjnej zrywarki W_e

$$h = \frac{Z - f \cdot g}{B \cdot k} \text{ [m]}$$

h – głębokość rozdrabniania, m

Z – siła pociągowa zrywarki, kN

f – współczynnik tarcia stali o grunt (0,1 ÷ 0,3)

g – pionowa siła nacisku zębów zrywarki, kN

B – szerokość spulchnionego pasa, m

k – opory jednostkowe przy rozdrabnianiu gruntu, kN/m²

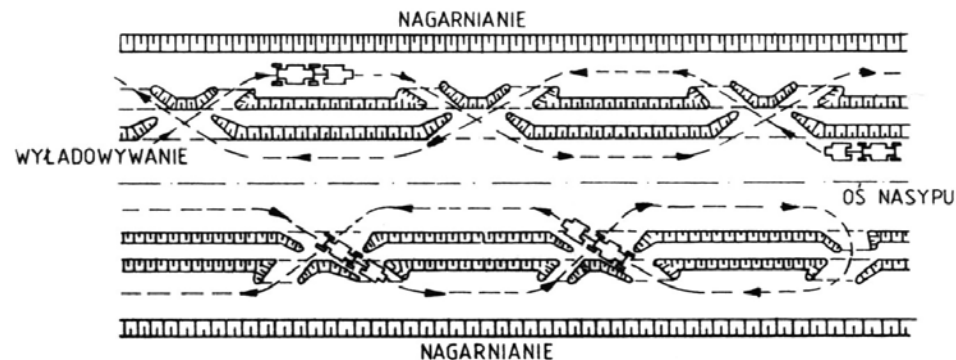
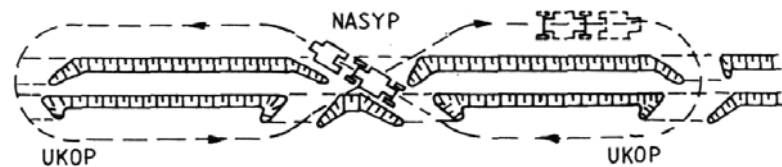
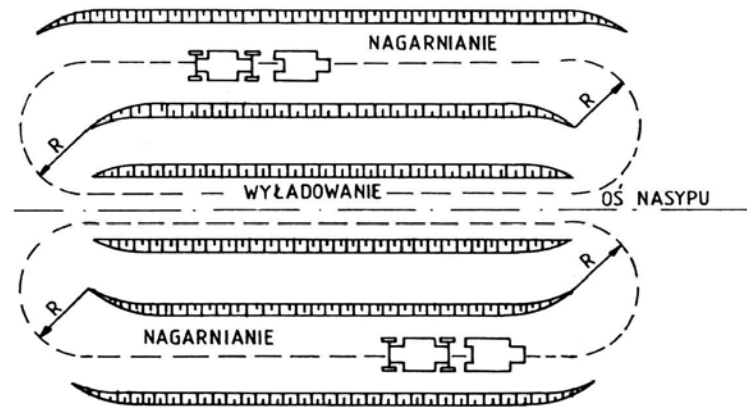
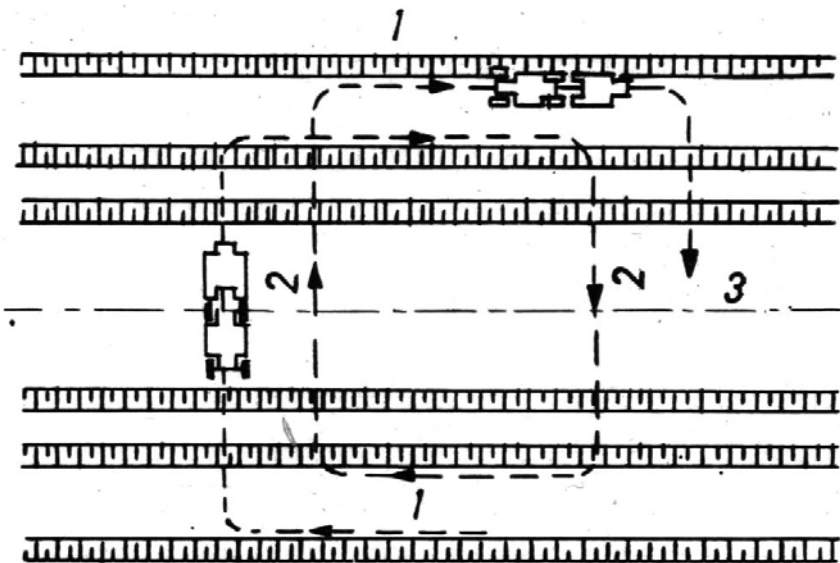
• dla gruntów sypkich $k = 20 \text{ kN/m}^2$

• dla gruntów spoiстых $k = 80 \text{ kN/m}^2$

Zgarniarki – schemat pracy

Odpowiedni schemat pracy zgarniarki zapewnią wydajną i efektywną pracę dlatego:

- przy froncie pracy od 100 do 200 m należy stosować schemat eliptyczny,
- przy froncie pracy od 100 do 300 m należy stosować schemat ósemkowy,
- powyżej 300 m najwłaściwszy będzie schemat zygzakowy,
- przy dużych obszarach zalecany jest schemat spiralny.



Określenie wydajności eksploatacyjnej zgarniarki W_e

$$W_e = \frac{60}{t} \cdot Q \cdot S_n \cdot S_s \cdot S_w \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna zgarniarki, m³/h

t – czas cyklu roboczego pracy zgarniarki, min

Q – pojemność geometryczna skrzyni, m³

S_n – współczynnik napełnienia skrzyni

• napełnianie z „czubem” $S_n \approx 1,1 \div 1,3$

• napełnianie „płaskie” $S_n \approx 0,8 \div 1,0$

S_s – współczynnik spoistości gruntu, równy odwrotności współczynnika spulchnienia $S_s = 1/S_{sp}$

S_w – współczynnik wykorzystania czasu roboczego zgarniarki (**0,8 ÷ 0,9**)

Kategoria gruntu	Średnie wartości współczynników	
	S_n	S_s
I	1,05	0,87
II	1,00	0,83
III	0,90	0,80
IV	0,85	0,77

Określenie wydajności eksploatacyjnej zgarniarki W_e

$$t = t_s + t_n \text{ [min]}$$

t – czas cyklu roboczego pracy zgarniarki, min

t_s – czas nagarniania i opróżniania urobku do i ze skrzyni, min

t_n – czas wykonania czynności niezależnych od kategorii gruntu i przemieszczenia urobku
(jest wartością stałą dla danego typu zgarniarki), min

Określenie wydajności eksploatacyjnej zgarniarki W_e

$$t_s = \frac{60}{1000} \left(\frac{l_s}{v_s} + \frac{l_p}{v_p} + \frac{l_o}{v_o} + \frac{l_{pp}}{v_{pp}} \right) [\text{min}]$$

t_s – czas nagarniania i opróżniania urobku do i ze skrzyni, min

l_s – długość odcinka skrawania i napełniania skrzyni, m

l_p – długość odcinka przemieszczania urobku, m

l_o – długość odcinka opróżniania skrzyni, m

l_{pp} – długość odcinka jazdy powrotnej, m

v_s – prędkość jazdy w trakcie napełniania skrzyni (I bieg), km/h

v_p – prędkość jazdy z urobkiem (II lub III bieg), km/h

v_o – prędkość jazdy przy opróżnianiu skrzyni (II lub III bieg), km/h

v_{pp} – prędkość jazdy powrotnej (IV i wyższe biegi), km/h

Określenie wydajności eksploatacyjnej zgarniarki W_e

$$t_n = 4 \cdot t_b + 2 \cdot t_z \text{ [min]}$$

t_n – czas wykonania czynności niezależnych od kategorii gruntu i przemieszczenia urobku
(jest wartością stałą dla danego typu zgarniarki), min

t_b – czas potrzebny na zmianę biegu ($\approx 5 \text{ s} = 0,08 \text{ min}$), min

t_z – czas jednorazowej zmiany kierunku jazdy ($\approx 10 \div 25 \text{ s} = 0,2 \div 0,42 \text{ min}$), min

Zgarniarki – uzupełnienie

Grubość skrawania h_s i grubość wyładowywania gruntu ze skrzyni h_w zależy od typu zgarniarki i waha się od 10 do 35 cm.

W ciężkich gruntach II kategorii praca zgarniarki staje się bardzo mało wydajna, dlatego zaleca się uzbrojenia noża zgarniarki w zęby wstępnie spulchniające grunt.

W gruntach niskich kategorii stosowanie zębów obniża wydajność nawet do 20%, co związane jest z pokonywaniem dodatkowych oporów.

W gruntach III i IV kategorii praca zgarniarki jest nie możliwa. Dlatego wymagane jest wcześniejsze spulchnienie gruntu przez zrywarki.

Praca zgarniarki w gruntach wyższych kategorii (III i IV kategoria) powinna być wspomagana pracą popychacza (spycharki).

Zgarniarki – uzupełnienie

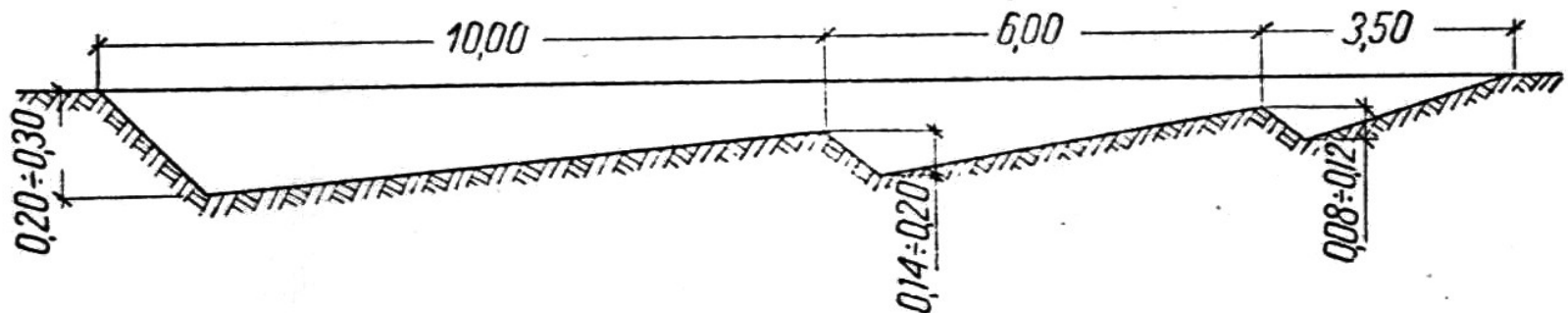
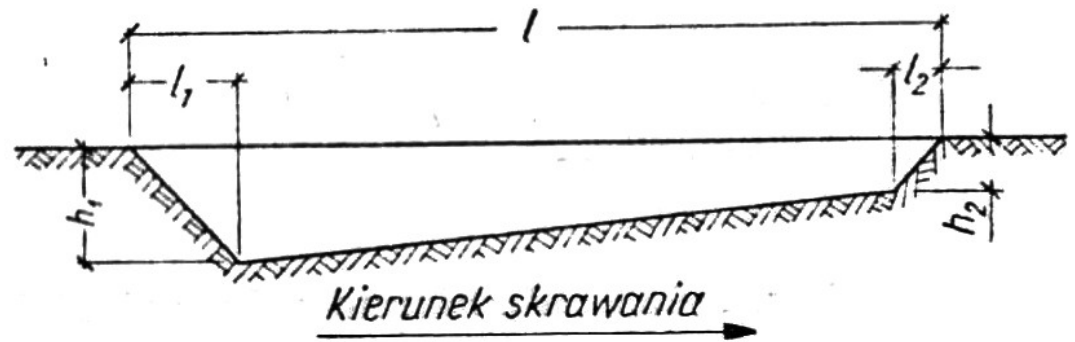
Sposób skrawania gruntu przy użyciu zgarniarki:

- sposób powierzchniowy stosowany w gruntach niskich kategorii (I i II kategoria),
- sposób grzebieniowy (schodkowy) zalecany w gruntach wyższych kategorii (II i III kategoria).

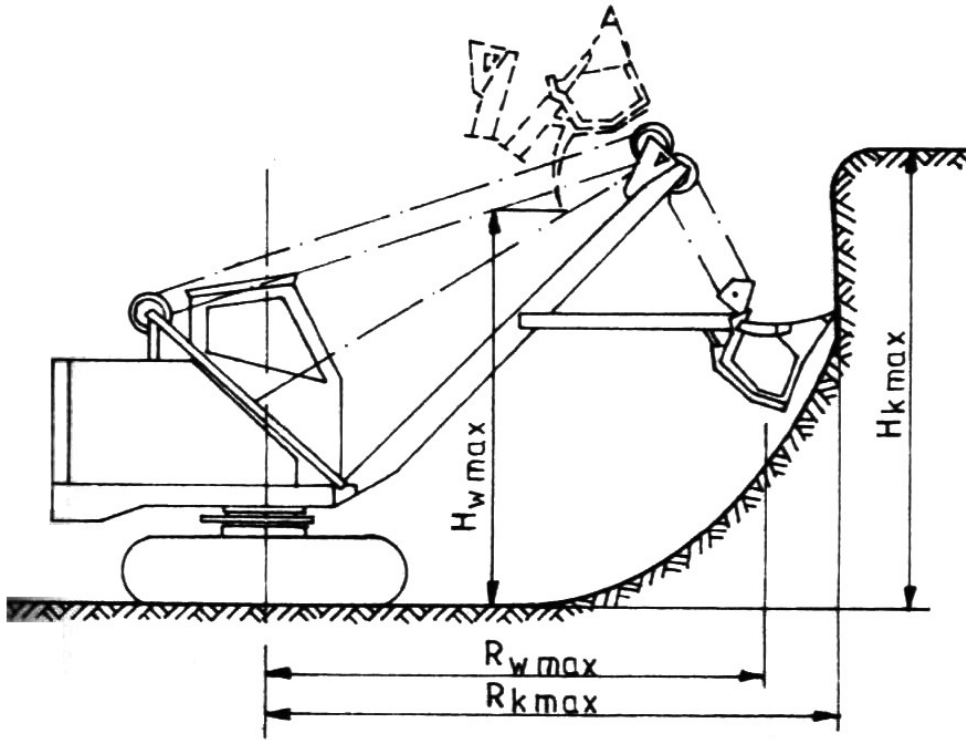
Długość odcinka skrawanego l_s i długość odcinka na, którym odbywa się wyładunek ze skrzyni zgarniarki l_o wynosi (L – długość noża):

$$l_s = \frac{Q \cdot S_n \cdot S_s}{L \cdot h_s} \text{ [m]}$$

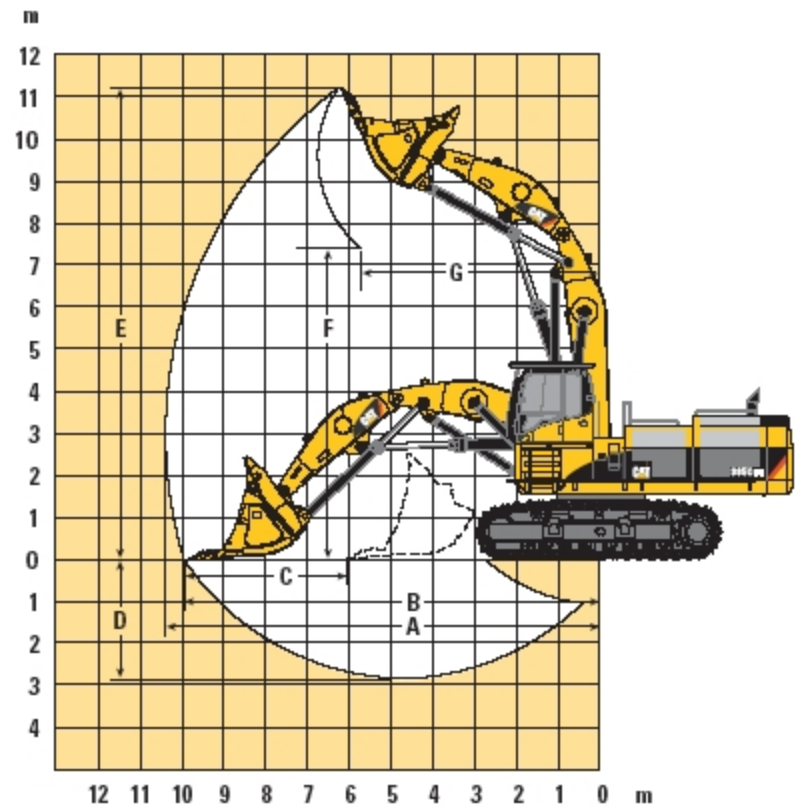
$$l_o = \frac{Q \cdot S_n}{L \cdot h_w} \text{ [m]}$$



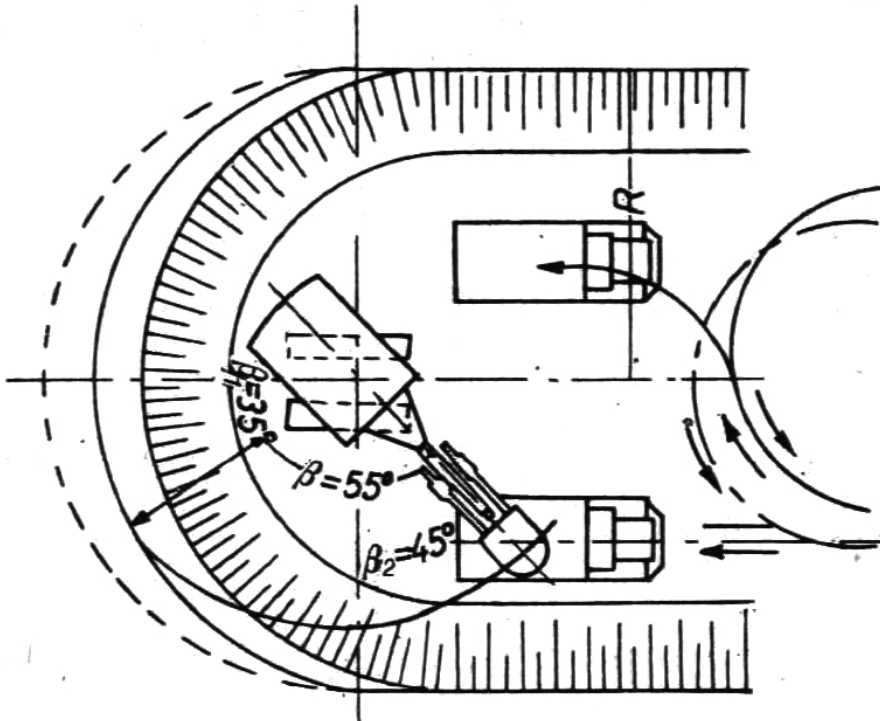
Koparki – przedsiębiorne



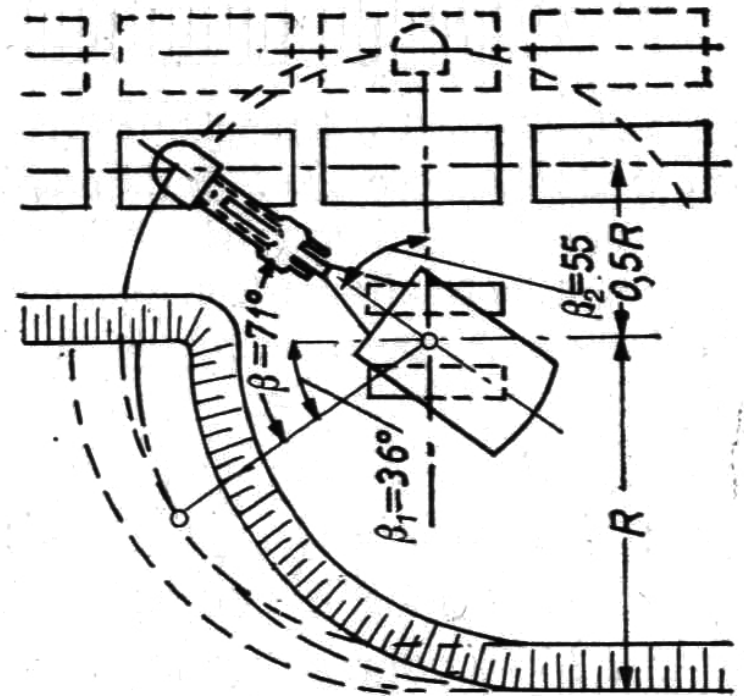
Wielkości charakteryzujące możliwości pracy koparki przedsiębiornej



Koparki – przedsiębiorne

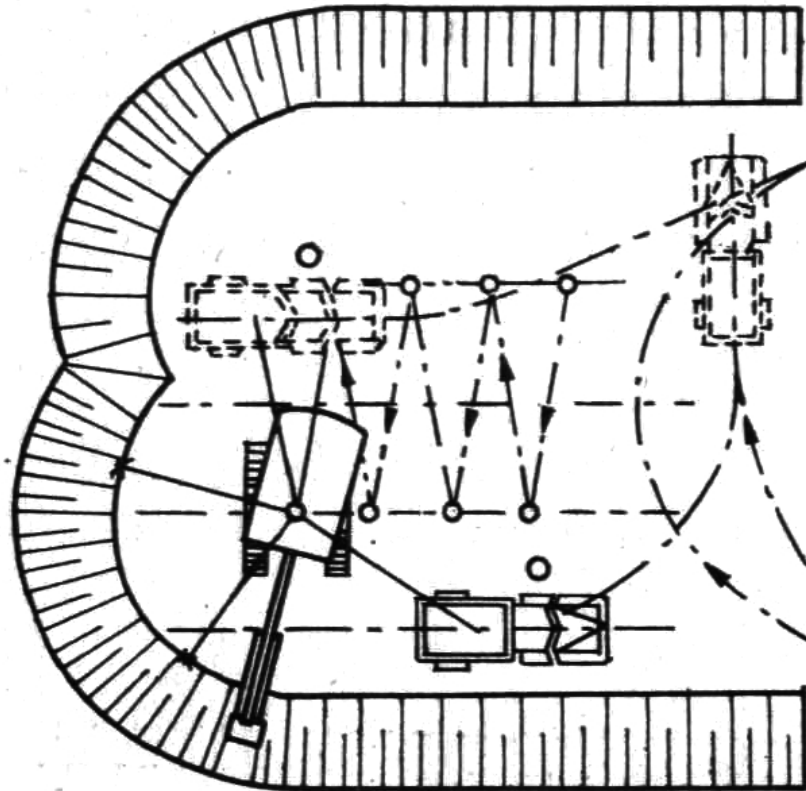


Schemat pracy koparki przedsiębiornej w czasie wykonywania pierwszego rozkopu



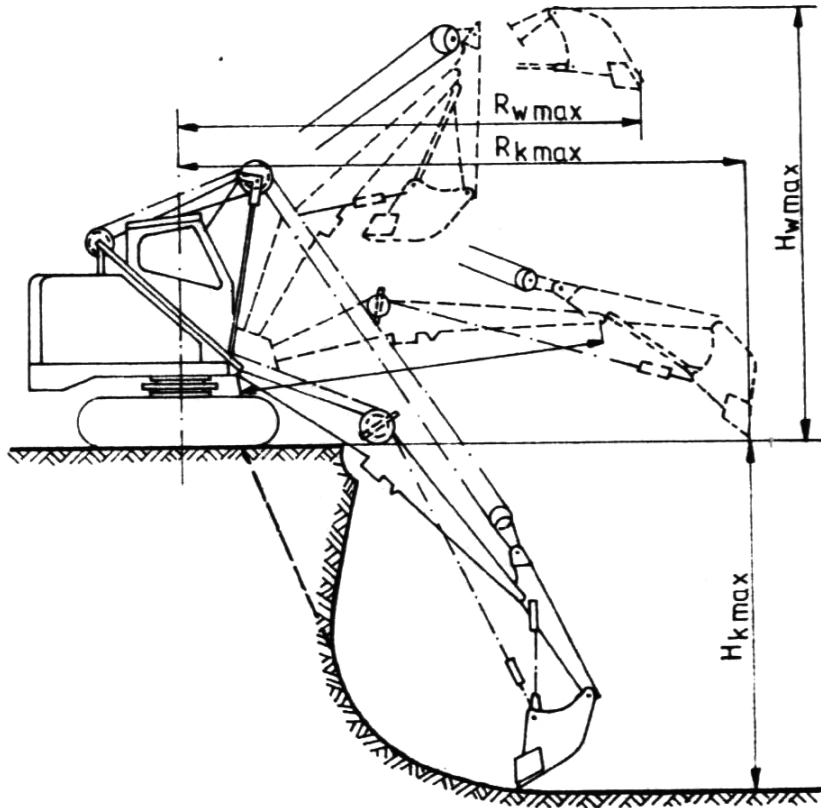
Schemat pracy koparki przedsiębiornej w czasie wykonywania drugiego i dalszych rozkopów

Koparki – przedsiębiorne

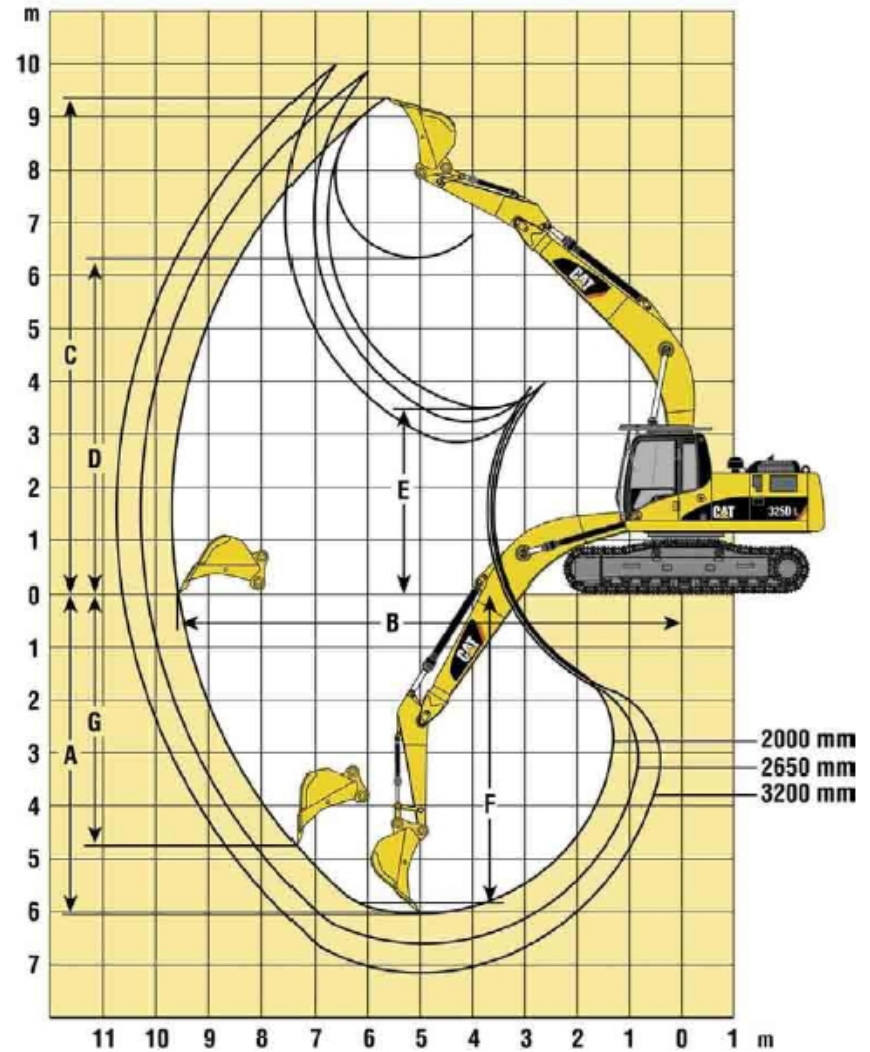


Schemat pracy koparki przedsiębiornej
jednym szerokim rozkopem

Koparki – podsiębierne



Wielkości charakteryzujące możliwości pracy koparki podsiebiernej



Koparki – dobór wielkości

Wielkość robót na jednym placu budowy [m ³]	Intensywność robót* [m ³ /zm.]	Ekonomicznie uzasadnione pojemności koparek jednonaczyniowych [m ³]
do 500	do 75	koparko-ładowarki 0,10÷0,16 koparko-spycharki 0,10÷0,16
	powyżej 75	koparko-spycharki 0,25 koparki samochodowe 0,25
500÷7500	do 150	koparko-spycharki 0,25 koparki samochodowe 0,25
	150÷300 300÷500 500÷750	koparki kołowe 0,40÷0,60 koparki gąsienicowe 0,60÷1,00 koparki gąsienicowe 0,40÷0,60
	powyżej 750	koparki gąsienicowe 1,00÷1,20
7500÷12500	do 360 350÷750 powyżej 750	koparki gąsienicowe 0,40÷0,60 koparki gąsienicowe 0,60÷1,00 koparki gąsienicowe 1,00÷1,20
12500÷25000	do 500 500÷1000 powyżej 1000	koparki gąsienicowe 0,60÷1,00 koparki gąsienicowe 1,00÷1,20 koparki gąsienicowe 1,20÷2,00
powyżej 25000	do 1000 1000÷2000 powyżej 2000	koparki gąsienicowe 0,60÷1,20 koparki gąsienicowe 1,20÷2,00 koparki gąsienicowe 2,00÷2,50

Określenie wydajności eksploatacyjnej koparki jednonaczyniowej W_e

$$W_e = 60 \cdot n \cdot Q \cdot S_n \cdot S_s \cdot S_t \cdot S_{w1} \cdot S_{w2} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna koparki, m³/h

n – liczba cykli roboczych na minutę, 1/min

Q – pojemność geometryczna naczynia (łyżki), m³

S_n – współczynnik napełnienia naczynia (łyżki) zależny od jej wielkości, kategorii i rodzaju gruntu

S_s – współczynnik spoistości gruntu, równy odwrotności współczynnika spulchnienia $S_s = 1/S_{sp}$

S_t – współczynnik trudności odspojenia gruntu

S_{w1} – współczynnik wykorzystania czasu roboczego, wprowadzony w celu uwzględnienia przerw technologicznych przy załadunku na środki transportowe oraz zmiany stanowisk pracy koparki

S_{w2} – współczynnik wykorzystania czasu roboczego koparki w okresie zmiany roboczej

• przy bezpośrednim załadunku urobku na wozy odstawcze $S_{w2} = 0,80$

• przy pracy na odkład poza krawędź wykopu $S_{w2} = 0,87$

Określenie wydajności eksploatacyjnej koparki jednonaczyniowej W_e

Kategoria gruntu	Współczynnik napełnienia naczynia roboczego S_n			
	Osprzęt przedsiębierny	Osprzęt podsiębierny	Osprzęt zbierakowy	Osprzęt chwytakowy
I	0,95	0,90	0,80÷0,90	0,50÷0,70
II	0,80	0,80	0,75÷0,90	0,55÷0,70
III	0,75	0,75	0,50÷0,55	0,41÷0,50
IV	0,65	0,65	0,65÷0,80	0,40÷0,60
V	0,65÷0,90	0,65÷0,80	0,35÷0,50	0,25÷0,35

Kategoria gruntu	I	II	III	IV
Współczynnik S_t	1,00	0,95	0,80	0,70
Współczynnik S_{wl}	0,90	0,92	0,95	0,96

Określenie wydajności eksploatacyjnej koparki jednoznaczyniowej W_e

$$n = \frac{60}{t}$$

n – liczba cykli roboczych na minutę, 1/min

t – cykl roboczy koparki, s

Określenie wydajności eksploatacyjnej koparki jednoczyniowej W_e

$$t = t_n + t_o + t_w + t_p \text{ [s]}$$

t – cykl roboczy koparki, s

t_n – czas odspojenia gruntu z jednoczesnym napełnieniem naczynia (łyżki), s

t_o – czas obrotu nadwozia koparki ponad miejsce wyładunku urobku, s

t_w – czas opróżniania naczynia (łyżki), s

t_p – czas powrotu naczynia (łyżki) do pozycji wyjściowej, s

Typ osprzętu roboczego	Czas trwania cyklu roboczego t [s] dla danej pojemności naczynia roboczego Q [m ³]						
	0,25	0,50	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5
Przedsiębierny	16	16	17,5	19	21	23	24
Podsiębierny	20	20	22	25	30	32	35
Chwytakowy	22	22	25	30	35	42	45
Zbierakowy	18	20	18	24	27	31	34

Określenie wydajności eksploatacyjnej równiarki w trakcie równania terenu W_e

$$W_e = \frac{60 \cdot l \cdot (L \cdot \sin \alpha - 0,5)}{n \cdot \left(\frac{60 \cdot l}{1000 \cdot v} + t_s \right)} \text{ [m}^2\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna równiarki, m²/h

l – długość równanego (plantowanego) odcinka, m

L – długość lemiesza równiarki, m

α – kąt ustawienia lemiesza w planie, °

n – liczba przejść równiarki po jednym śladzie

t_s – czas trwania jednego skrętu ($\approx 10 \div 25 \text{ s} = 0,2 \div 0,42 \text{ min}$), min

v – prędkość jazdy równiarki w czasie pracy, km/h

- przy niwelacji (równaniu) terenu (jazda na II biegu)
- przy odspajaniu gruntu wraz z jego przemieszczaniem (jazda na I biegu)
- przy przemieszczaniu gruntu spulchnionego (jazda na III biegu)

0,5 – zakład przy sąsiednich przejściach równiarki, m

Określenie wydajności eksploatacyjnej walca lub kompaktora W_e

$$W_e = \frac{1000 \cdot v_{sr} \cdot H \cdot (B - b) \cdot S_w}{n} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna walca, m³/h

v_{sr} – średnia prędkość jazdy walca na II biegu z uwzględnieniem nawrotów
($\approx 8 \div 10$ km/h), km/h

H – grubość zagęszczanej warstwy, m

- od 15 do 35 cm, dla walców lekkich (do 20 T)
- od 35 do 60 cm, dla walców ciężkich (pow. 20 T)

B – szerokość walcowania pojedynczego pasma, równa szerokości walca, m

b – szerokość spulchnionego pasa z uwzględnieniem zakładu jednego pasa na drugi od 20 do 25 cm, m

S_w – współczynnik wykorzystania czasu roboczego walca (**0,80 ÷ 0,90**)

n – liczba przejazdów po pasie do osiągnięcia porządnego zagęszczenia

- min 6, dla walców ciężkich
- min 12, dla walców lekkich

Określenie wydajności eksploatacyjnej ładowarki W_e

$$W_e = \frac{3600}{t} \cdot q \cdot S_n \cdot S_s \cdot S_w \text{ [m}^3\text{/h]}$$

W_e – wydajność eksploatacyjna ładowarki, m³/h

t – czas cyklu roboczego pracy ładowarki, s

q – pojemność geometryczna łyżki, m³

S_n – współczynnik napełnienia łyżki (**0,7 ÷ 1,2**)

S_s – współczynnik spoistości gruntu, równy odwrotności współczynnika spulchnienia $S_s = 1/S_{sp}$

S_w – współczynnik wykorzystania czasu roboczego ładowarki (**0,8 ÷ 0,85**)

Określenie wydajności eksploatacyjnej ładowarki W_e

$$t = t_1 + t_2 + \frac{l_3}{v_3} + t_4 + t_5 + t_6 + \frac{l_7}{v_7} + t_8 + n \cdot t_b \text{ [s]}$$

t – czas cyklu roboczego pracy ładowarki (**60 ÷ 90 s**), s

t_1 – czas napełnienia łyżki, s

t_2 – czas ustawienia ładowarki do pozycji transportowej, s

l_3 – długość jazdy do miejsca wyładowania, m

v_3 – prędkość jazdy do miejsca wyładowania, m/s

t_4 – czas podniesienia łyżki do wyładowania, s

t_5 – czas opróżniania łyżki, s

t_6 – czas ustawienia ładowarki do powrotnej pozycji transportowej, s

l_7 – długość jazdy powrotnej, s

v_7 – prędkość jazdy powrotnej, s

t_8 – czas przygotowania do napełnienia łyżki, s

t_b – czas potrzebny na zmiany biegu w całym cyklu, s

n – liczba zmian biegu

Określenie liczby potrzebnych środków transportu m wchodzących w skład zestawu z koparką lub ładowarką

$$m = \frac{t_z + t_j + t_w}{t_z}$$

m – liczba środków transportu (wozów odstawczych)

t_z – czas załadowania urobku na wóz, h

t_j – czas jazdy wozu w obydwu kierunkach, h

t_w – czas wyładowania wozu (zależy od środka transportu), h

Określenie liczby potrzebnych środków transportu m wchodzących w skład zestawu z koparką lub ładowarką

$$t_z = \frac{q_t}{Q \cdot S_n \cdot \rho \cdot n} \text{ [h]}$$

t_z – czas załadowania urobku na wóz, h

q_t – ładowność środka transportu (wozu), t

Q – pojemność geometryczna naczynia (łyżki) koparki lub ładowarki, m³

S_n – współczynnik napełnienia naczynia (łyżki) zależny od jej wielkości, kategorii i rodzaju gruntu

ρ – gęstość objętościowa gruntu, t/m³

n – liczba cykli roboczych koparki na godzinę

Określenie liczby potrzebnych środków transportu m wchodzących w skład zestawu z koparką lub ładowarką

$$t_j = \frac{2 \cdot l}{v_{sr}} \text{ [h]}$$

$$v_{sr} = \frac{2 \cdot v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2} \text{ [km/h]}$$

t_j – czas jazdy wozu w obydwu kierunkach, h

l – odległość jazdy wozu w jedną stronę, km

v_{sr} – średnia prędkość jazdy wozu, km/h

v_1 – prędkość jazdy wozu z ładunkiem, km/h

v_2 – prędkość jazdy powrotnej wozu, km/h


Określenie liczby potrzebnych środków transportu m wchodzących w skład zestawu z koparką lub ładowarką

Zalecany dobór środków transportu do wielkości naczyń (łyżek) koparek i ładowarek

Pojemność naczynia roboczego Q [m ³]	Ładowność środka transportowego q_t [t]
0,15÷0,50	4,0÷6,0
0,6	6,0÷11,0
1,0÷1,4	7,0÷20,0
2,5÷3,0	15,0÷27,0
5,0	15,0÷27,0

Diagram – uproszczony harmonogram robót

Lp.	Rodzaj zadania	Zastosowanie maszyny	Czas
1	Zdjęcie humusu	np. 2 zgarniarki CAT 627G	
2	Niwelacja	spycharka gąsienicowa TD-40C	
3	Wywóz/dowóz zniwelowanej ziemi	ładowarka CAT 963C wozidło technologiczne	
4	Wykop pod obiekt	np. 2 koparki podsiębierne M1700C wozidło technologiczne	
5	Obsypanie fundamentów	2 spycharki gąsienicowe Komatsu D-150	
6	Rozłożenie ziemi roślinnej	spycharka kołowa CAT 814F	

 jedna zmiana robocza

Literatura

1. Dyżewski A. – Technologia i organizacja budowy. Arkady
2. Rowiński L. – Technologia zmechanizowanych robót budowlanych. PWN
3. Lenkiewicz W., Michnowski Z. – Roboty budowlane. PWSZ
4. Martinek W. – Technologia robót budowlanych. OWPW
5. Martinek W., Książek M., Jackiewicz-Rek W. – Technologia robót budowlanych. Ćwiczenia projektowe. OWPW
6. Głazewski M., Nowocień E., Piechowicz K. – Roboty ziemne i rekultywacyjne w budownictwie komunikacyjnym. WKiŁ