

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

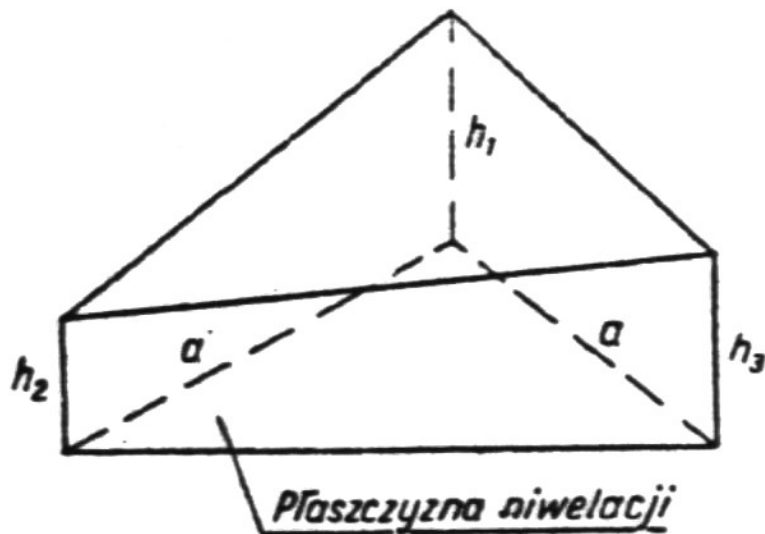
Roboty ziemne

Niwelacja terenu – metoda trójkątów

Wykop szerokoprzestrzenny

Bilans mas ziemnych

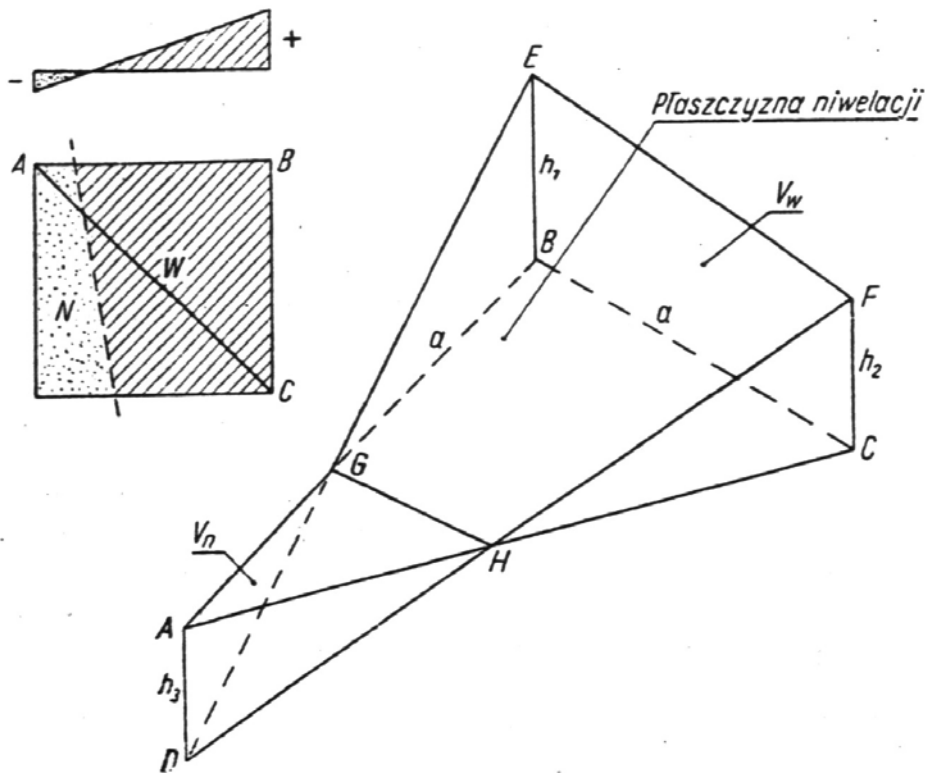
Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – trójkąt „czysty”



$$V_{N(W)} = \frac{1}{6} \cdot a^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3) [m^3]$$

- $V_{N(W)}$ – objętość gruntu w nasypie lub wykopie, m^3
 a – bok rozpatrywanego trójkąta prostokątnego, m
 $h_{1...3}$ – rzędne robocze wykopu lub nasypu po usunięciu humusu, m

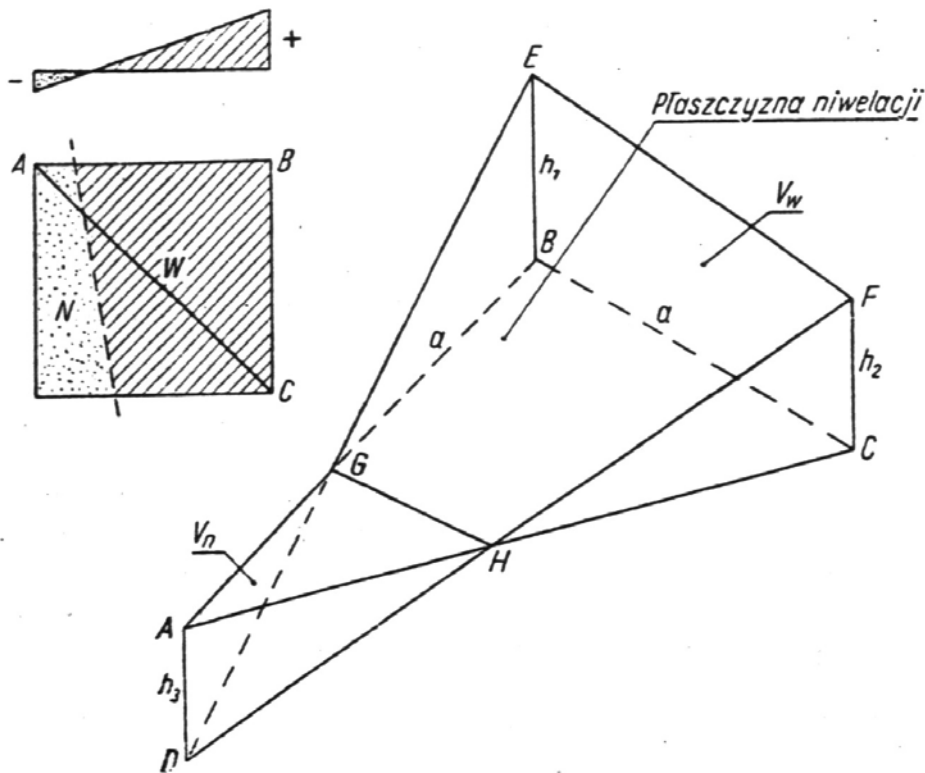
Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – trójkąt „mieszany”



$$V_N = \frac{1}{6} \cdot \frac{a^2 \cdot h_3^3}{(h_3 + h_1) \cdot (h_3 + h_2)} [m^3]$$

- V_N – objętość gruntu w nasypie, m^3
 a – bok rozpatrywanego trójkąta prostokątnego, m
 $h_{1...3}$ – rzędne robocze wykopu lub nasypu po usunięciu humusu, m

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – trójkąt „mieszany”



$$V_W = V_R - V_N [m^3]$$

$$V_R = \frac{1}{6} \cdot a^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3) [m^3]$$

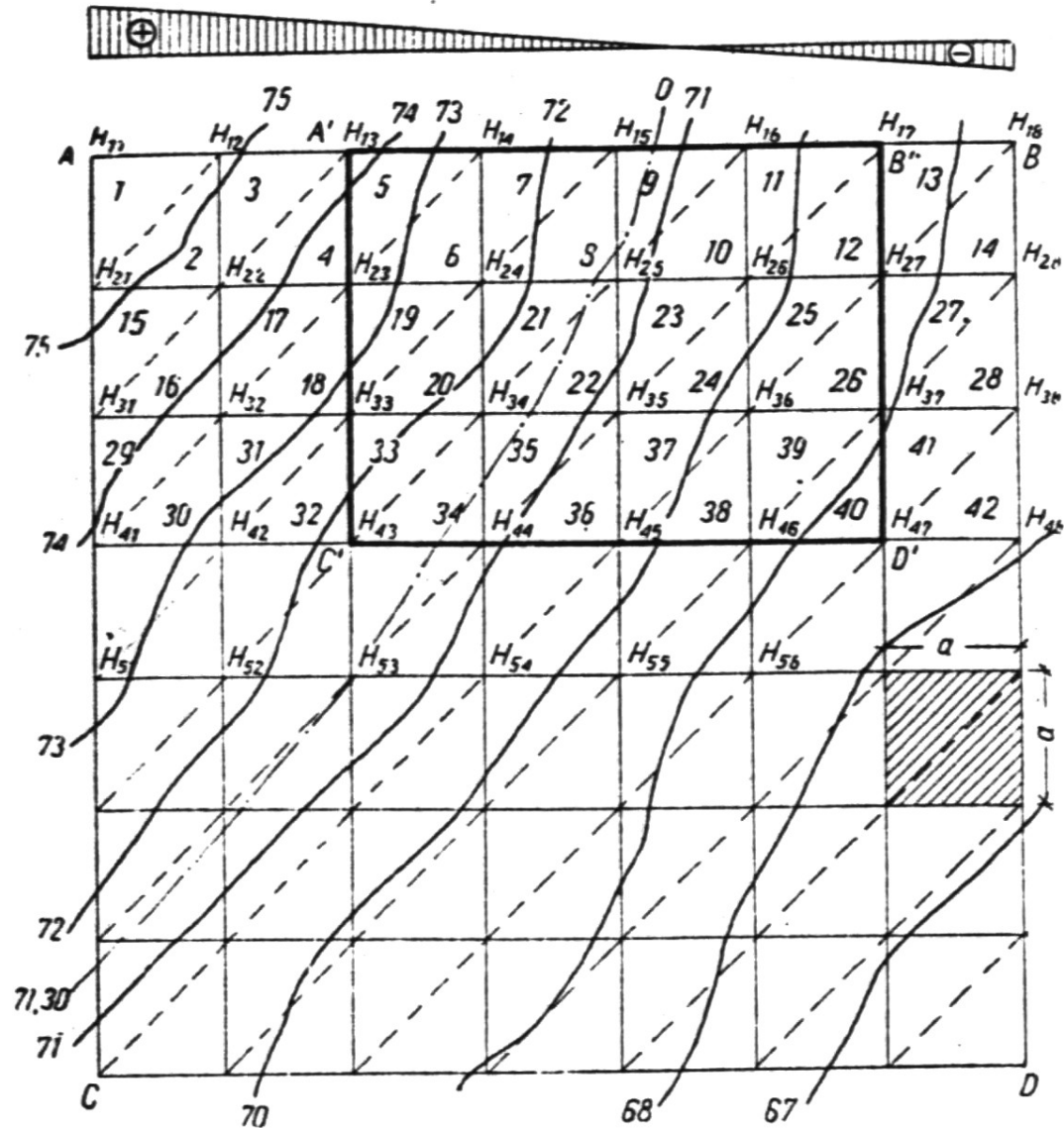
V_W – objętość gruntu wykopie, m^3

V_R – objętość robocza gruntu, m^3

a – bok rozpatrywanego trójkąta prostokątnego, m

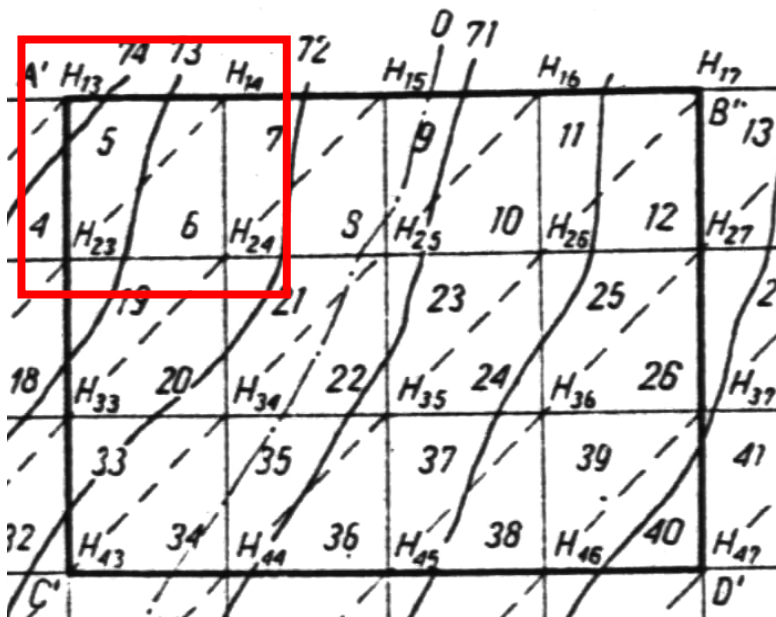
$h_{1...3}$ – rzędne robocze wykopu lub nasypu po usunięciu humusu, m

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) - przykład



Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – przykład

Wykop – trójkąt „czysty”



Dane:

$$a = 50 \text{ m}$$

$$NIW = 71.30 \text{ m}$$

$$H_{13} = 74.15 \text{ m}$$

$$H_{14} = 72.75 \text{ m}$$

$$H_{23} = 73.50 \text{ m}$$

$$H_{24} = 72.40 \text{ m}$$

$$h_{13} = 2.85 \text{ m}$$

$$h_{14} = 1.45 \text{ m}$$

$$h_{23} = 2.20 \text{ m}$$

$$h_{24} = 1.10 \text{ m}$$

Obliczenia:

$$V_W^5 = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (2.85 + 1.45 + 2.20) = + 2708.33 \text{ [m}^3\text{]}$$

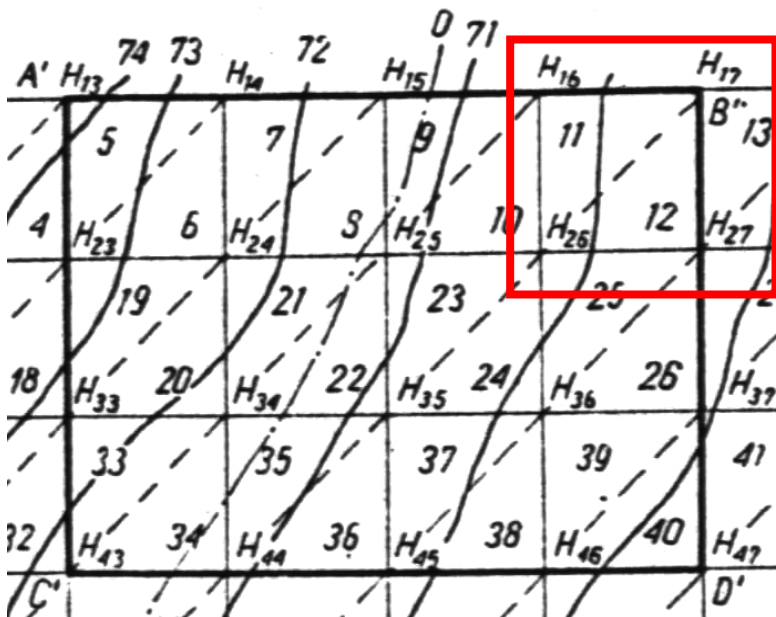
$$V_W^6 = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (1.45 + 1.10 + 2.20) = + 1979.17 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_W^{\text{trójkąt}} = + 4687.50 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_W^{\text{kwadrat}} = + 4750.00 \text{ [m}^3\text{]}$$

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – przykład

Nasyp – trójkąt „czysty”



Dane:

$$a = 50 \text{ m}$$

$$NIW = 71.30 \text{ m}$$

$$H_{16} = 70.30 \text{ m} \quad H_{17} = 69.50 \text{ m}$$

$$H_{26} = 70.20 \text{ m} \quad H_{27} = 69.30 \text{ m}$$

$$h_{16} = -1.00 \text{ m} \quad h_{17} = -1.80 \text{ m}$$

$$h_{26} = -1.10 \text{ m} \quad h_{27} = -2.00 \text{ m}$$

Obliczenia:

$$V_N^{11} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (1.00 + 1.80 + 1.10) = -1625.00 \text{ [m}^3\text{]}$$

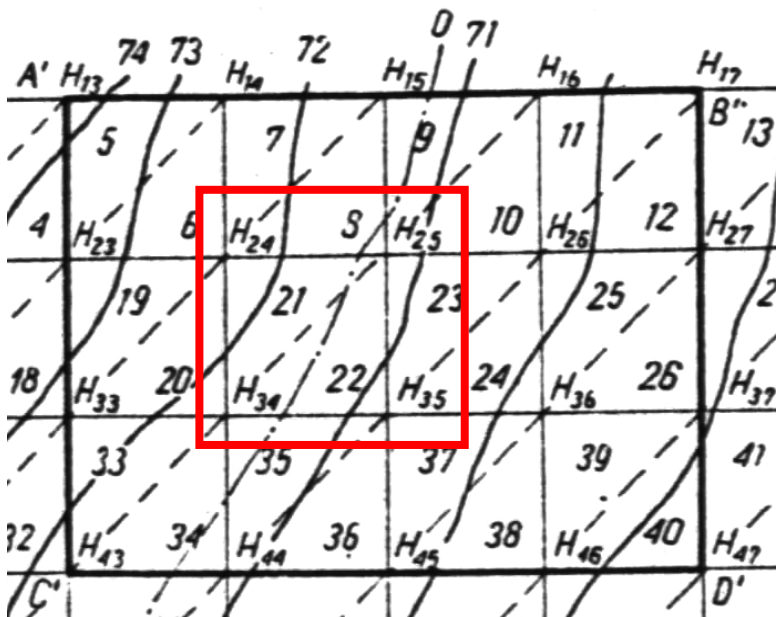
$$V_N^{12} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (1.80 + 1.10 + 2.00) = -2041.67 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_N^{\text{trójkąt}} = -3666.67 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_W^{\text{kwadrat}} = -3687.50 \text{ [m}^3\text{]}$$

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – przykład

Nasyp i wykop – trójkąt „mieszany”



Dane:

$$a = 50 \text{ m}$$

$$NIW = 71.30 \text{ m}$$

$$H_{24} = 72.40 \text{ m} \quad H_{25} = 71.25 \text{ m}$$

$$H_{34} = 71.85 \text{ m} \quad H_{35} = 70.85 \text{ m}$$

$$h_{24} = 1.10 \text{ m} \quad h_{25} = -0.05 \text{ m}$$

$$h_{34} = 0.55 \text{ m} \quad h_{35} = -0.45 \text{ m}$$

Obliczenia:

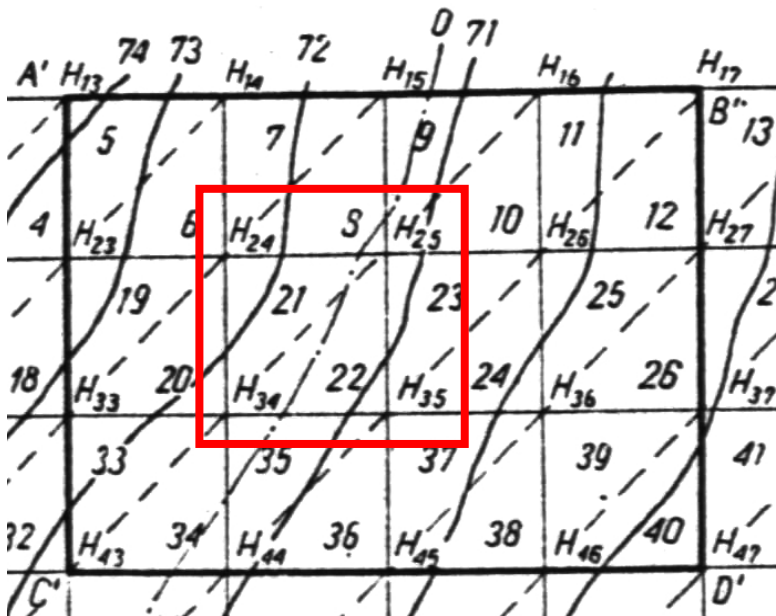
$$V_N^{21} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (0.05)^3 / ((0.05 + 1.10) \cdot (0.05 + 0.55)) = -1.64 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_R^{21} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (1.10 - 0.05 + 0.55) = +666.67 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_W^{21} = 666.67 - (-1.64) = +668.31 \text{ [m}^3\text{]}$$

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – przykład

Nasyp i wykop – trójkąt „mieszany”



Dane:

$$a = 50 \text{ m}$$

$$NIW = 71.30 \text{ m}$$

$$H_{24} = 72.40 \text{ m} \quad H_{25} = 71.25 \text{ m}$$

$$H_{34} = 71.85 \text{ m} \quad H_{35} = 70.85 \text{ m}$$

$$h_{24} = 1.10 \text{ m} \quad h_{25} = -0.05 \text{ m}$$

$$h_{34} = 0.55 \text{ m} \quad h_{35} = -0.45 \text{ m}$$

Obliczenia:

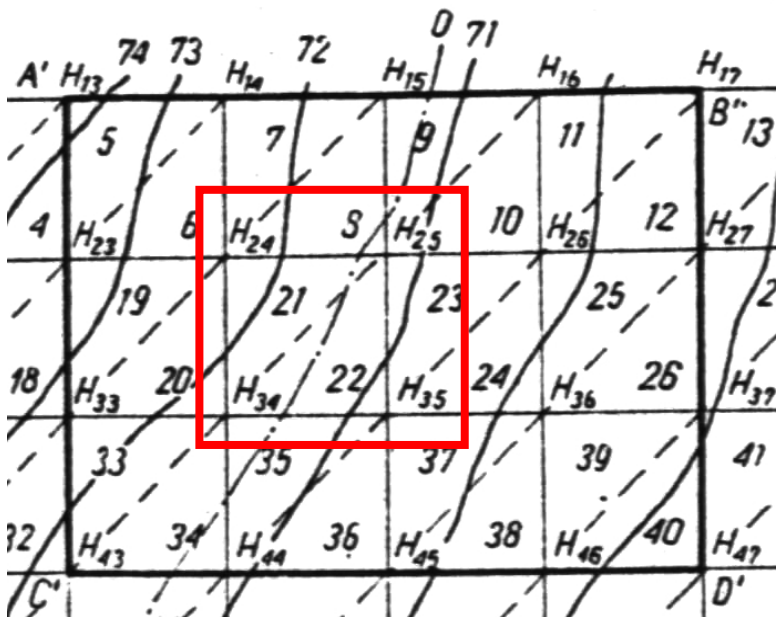
$$V_W^{22} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (0.55)^3 / (0.55 + 0.45) \cdot (0.55 + 0.05) = + 115.54 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_R^{22} = 1/6 \cdot 50^2 \cdot (-0.05 + 0.55 - 0.45) = + 20.83 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_N^{22} = 20.83 - 115.54 = - 94.71 \text{ [m}^3\text{]}$$

Określenie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów) – przykład

Nasyp i wykop – trójkąt „mieszany”



Dane:

$$a = 50 \text{ m}$$

$$NIW = 71.30 \text{ m}$$

Porównanie:

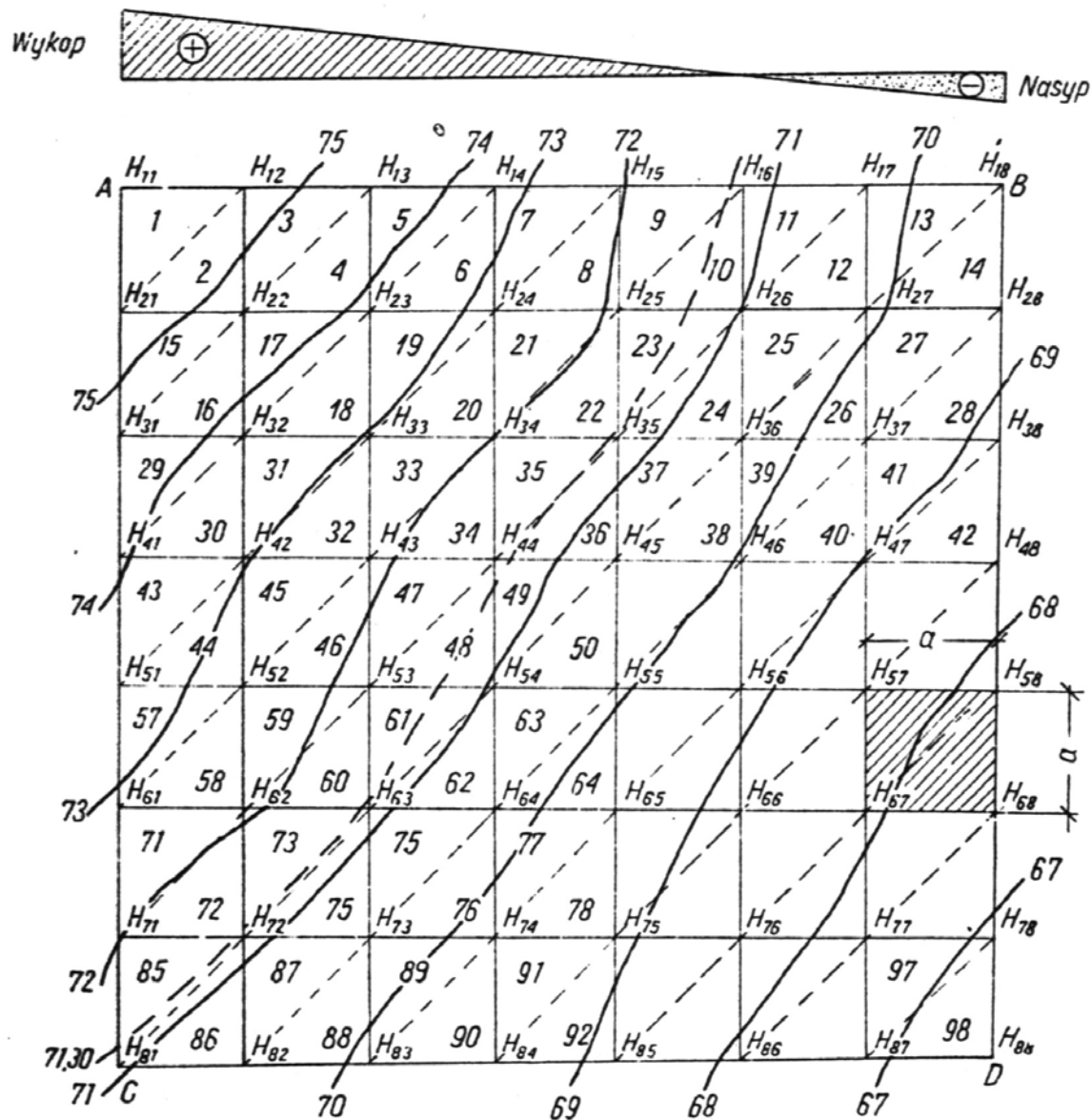
$$V_W^{\text{trójkąt}} = + 783.85 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_W^{\text{kwadrat}} = + 772.24 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_N^{\text{trójkąt}} = - 96.35 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_N^{\text{kwadrat}} = - 74.01 \text{ [m}^3\text{]}$$

Przygotowanie mapy do obliczeń (metoda trójkątów)

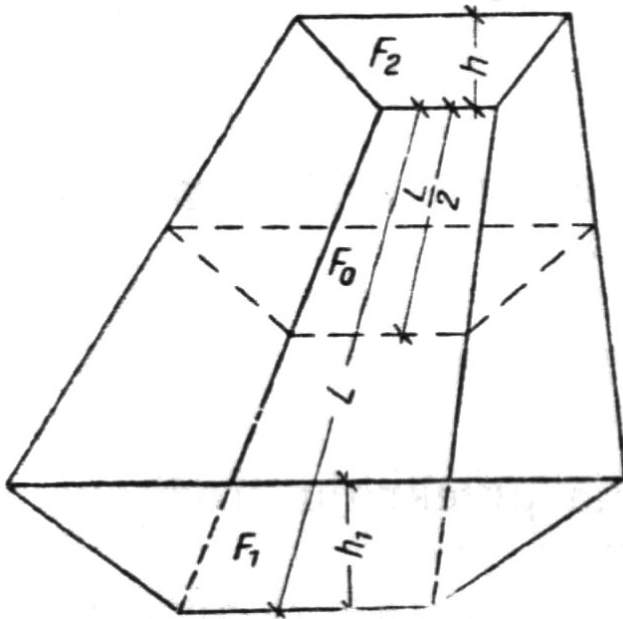


Zestawienie ilości niwelowanego gruntu (metoda trójkątów)

Numer kwadratu	Bok <i>a</i> [m]	Rzędne poszczególnych wierzchołków trójkątów [m n.p.m]			Rzędna niwelety <i>NIW</i> [m n.p.m.]	Objętość nasypu V_N [m ³] (-)	Objętość wykopu V_W [m ³] (+)
		H_{ij}	H_{ij}	H_{ij}			
1							
2							
...							
...							
...							
n							
						$\Sigma V_N =$	$\Sigma V_W =$

Obliczanie objętości wykopów pod budynki

Metoda średniego przekroju



$$V = \frac{1}{2} \cdot (F_1 + F_2) \cdot L [m^3]$$

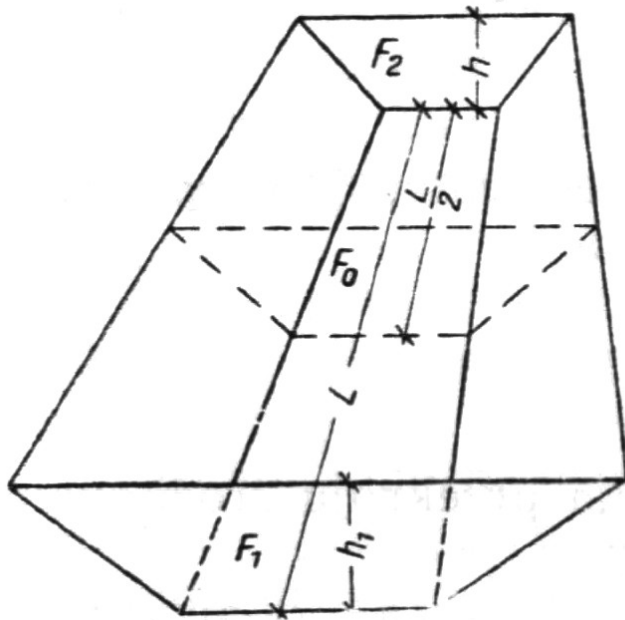
V – objętość wykopu, m^3

F_1, F_2 – powierzchnie skrajne, m^2

L – odległość pomiędzy powierzchniami skrajnymi, m

Obliczanie objętości wykopów pod budynki

Metoda środkowego przekroju

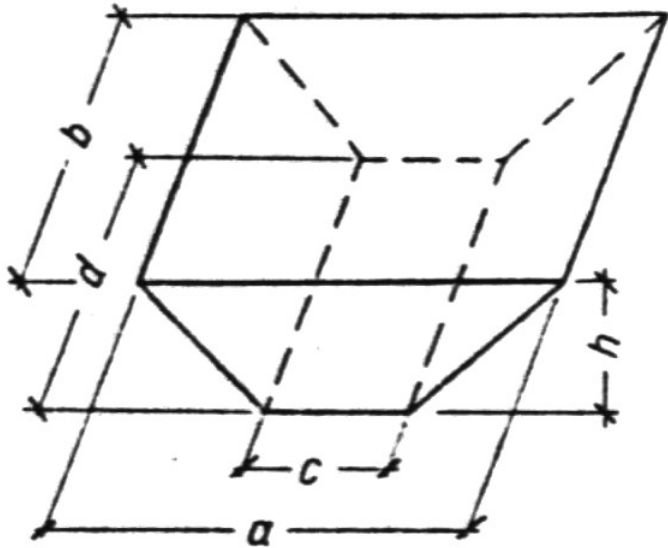


$$V = F_0 \cdot L [m^3]$$

- V – objętość wykopu, m^3
- F_0 – powierzchnia środkowa, m^2
- L – odległość pomiędzy powierzchniami skrajnymi, m

Obliczanie objętości wykopów pod budynki

Metoda Simpson'a



$$V = \frac{h}{6} \cdot (F_1 + F_2 + 4 \cdot F_0) [m^3]$$

$$F_1 = a \cdot b [m^2]$$

$$F_2 = c \cdot d [m^2]$$

$$F_0 = \left(\frac{a+c}{2} \right) \cdot \left(\frac{b+d}{2} \right) [m^2]$$

$$V = \frac{h}{6} \cdot [(2 \cdot a + c) \cdot b + (2 \cdot c + a) \cdot d] [m^3]$$

V – objętość wykopu, m^3

h – głębokość wykopu, m

F_1 – powierzchnia górna wykopu, m^2

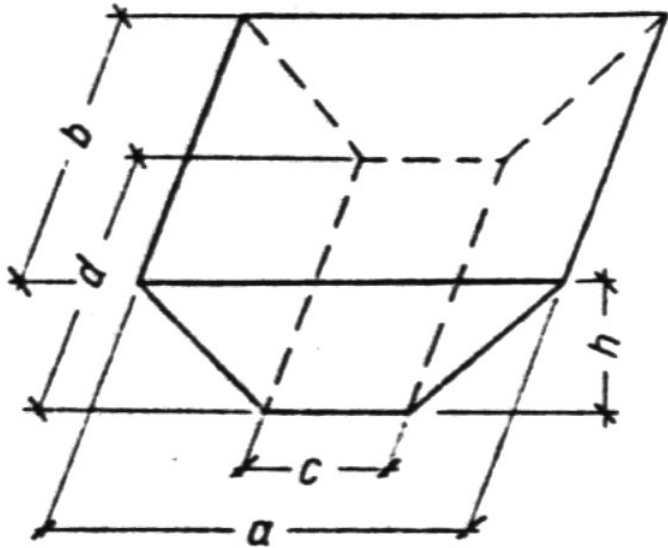
F_2 – powierzchnia dolna wykopu, m^2

F_0 – powierzchnia przekroju środkowego równoległego do F_1 i F_2 , m^2

a, b, c, d – wymiary wykopu, m

Obliczanie objętości wykopów pod budynki

Metoda Simpson'a



$$V = \frac{h}{6} \cdot (F_1 + F_2 + 4 \cdot F_0) [m^3]$$

$$a = c \quad b = d$$

$$V = h \cdot a \cdot b [m^3]$$

V – objętość wykopu, m^3

h – głębokość wykopu, m

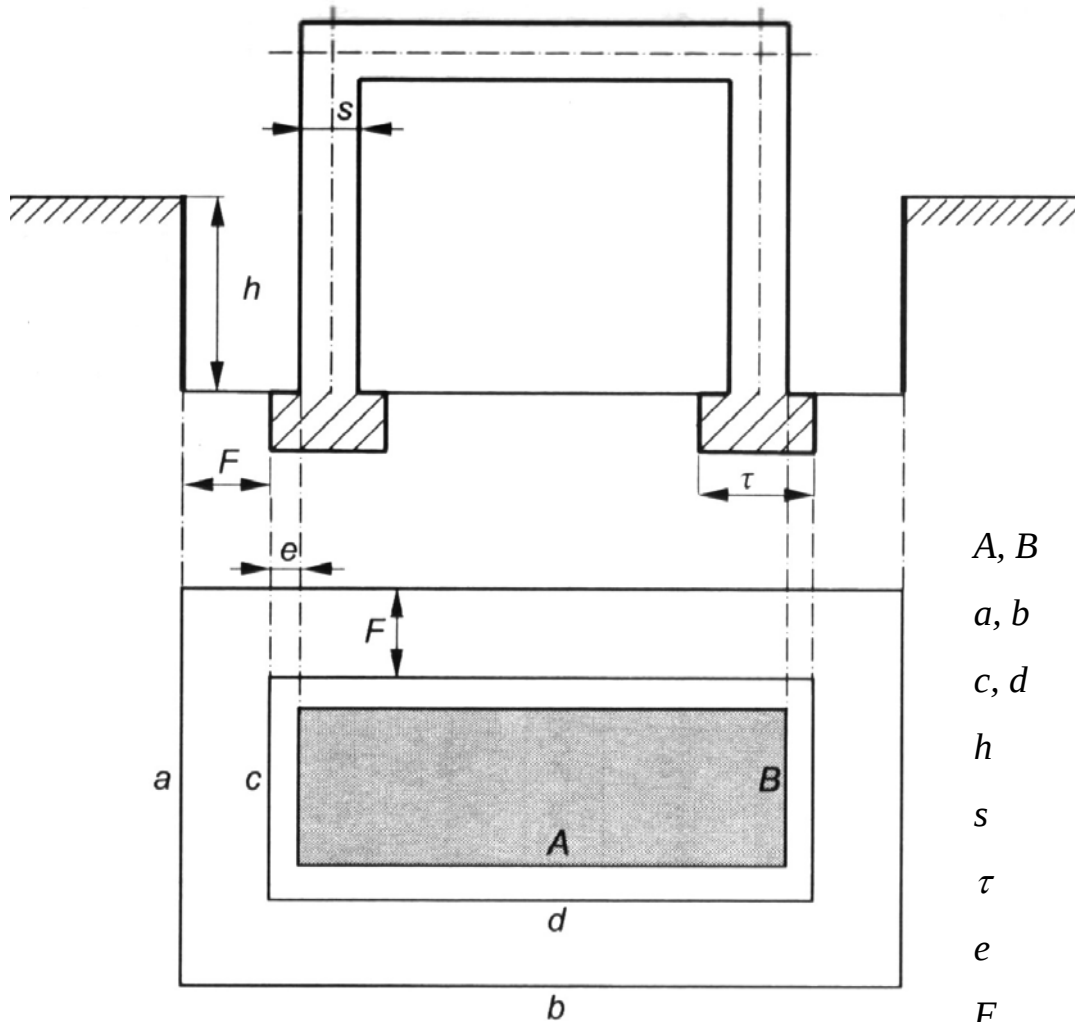
F_1 – powierzchnia górna wykopu, m^2

F_2 – powierzchnia dolna wykopu, m^2

F_0 – powierzchnia przekroju środkowego równoległego do F_1 i F_2 , m^2

a, b, c, d – wymiary wykopu, m

Skarpy wykopu zabezpieczone



$$c = B + 2 \cdot e \text{ [m]}$$

$$d = A + 2 \cdot e \text{ [m]}$$

$$a = c + 2 \cdot F \text{ [m]}$$

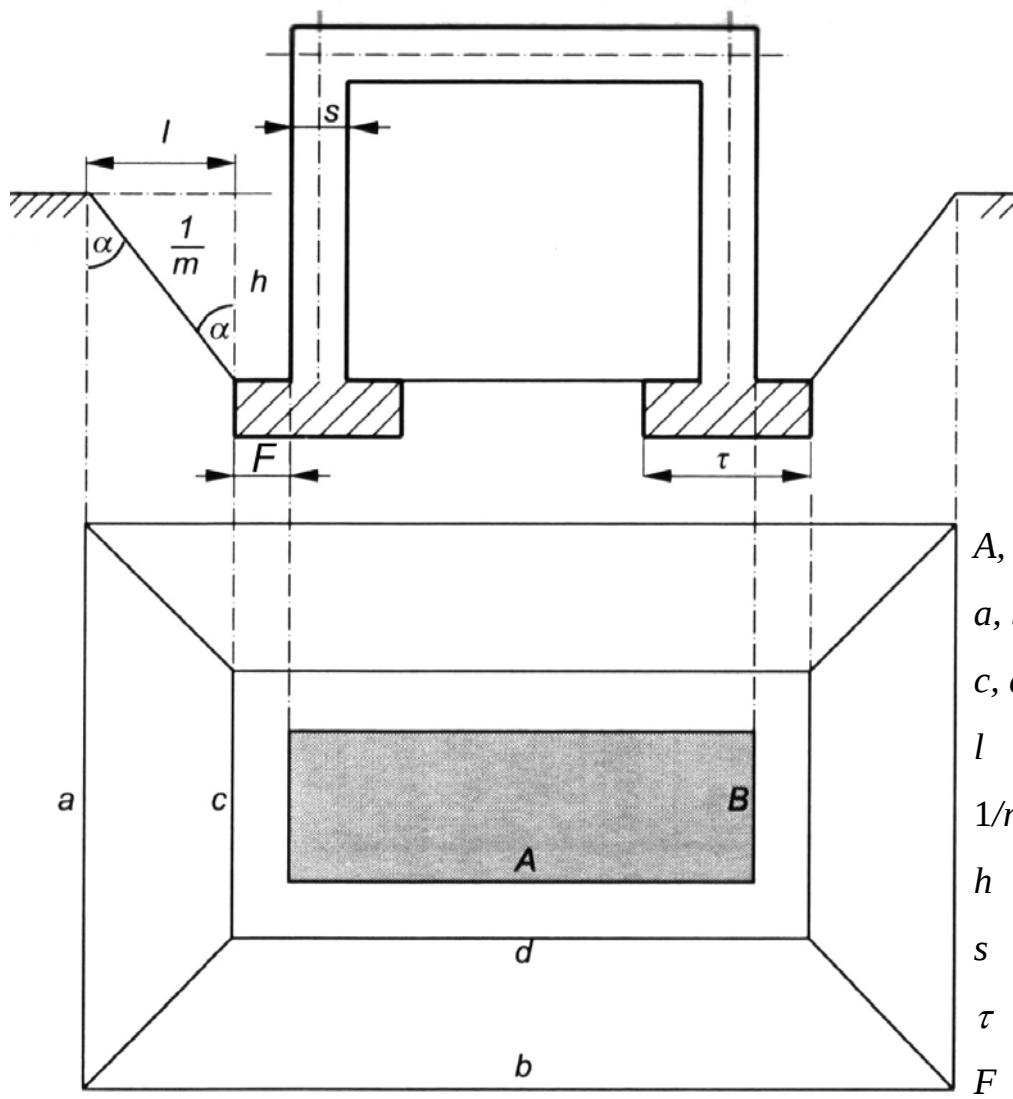
$$b = d + 2 \cdot F \text{ [m]}$$

- A, B – wymiary obiektu, m
- a, b – wymiary wykopu z poziomu terenu, m
- c, d – wymiary dna wykopu, m
- h – głębokość wykopu, m
- s – szerokość ściany fundamentowej, m
- τ – szerokość fundamentu, m
- e – odsadzka, m
- F – przestrzeń robocza, m

$F = 0.6 \text{ m}$ - dla ścian budynku nieizolowanych

$F = 0.8 \text{ m}$ - dla ścianek budynku izolowanych

Skarpy wykopu niezabezpieczone



$$c = B + 2 \cdot F \text{ [m]}$$

$$d = A + 2 \cdot F \text{ [m]}$$

$$a = c + 2 \cdot l \text{ [m]}$$

$$b = d + 2 \cdot l \text{ [m]}$$

A, B

– wymiary obiektu, m

a, b

– wymiary wykopu z poziomego terenu, m

c, d

– wymiary dna wykopu, m

l

– szerokość skarpy wykopu, m

$1/m$

– pochylenie skarpy wykopu

h

– głębokość wykopu, m

s

– szerokość ściany fundamentowej, m

τ

– szerokość fundamentu, m

F

– odsadzka + przestrzeń robocza, m

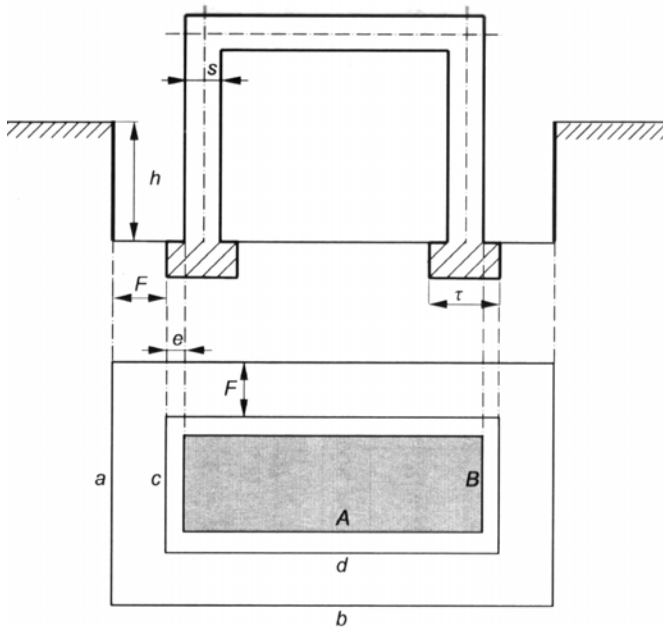
$F = 0.6 \text{ m}$ - dla ścian budynku niez izolowanych

$F = 0.8 \text{ m}$ - dla ścianek budynku izolowanych

Nachylenie skarp wykopów

Kategoria gruntu normalnej wilgotności	Skarpy nieobciążone				Skarpy obciążone	
	szerokość dna					
	do 3 m		ponad 3 m			
	głębokość				głębokość	
	do 3 m <i>h:l</i>	ponad 3 m <i>h:l</i>	do 5 m <i>h:l</i>	ponad 5 m <i>h:l</i>	do 3 m <i>h:l</i>	ponad 3 m <i>h:l</i>
I	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5
II	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25
III	1:0,67	1:0,75	1:0,5	1:0,67	1:0,67	1:0,75
IV	1:0,5	1:0,67	1:0,35	1:0,5	1:0,5	1:0,67
V–XVI	1:0,1	1:0,2	1:0,1	1:0,2	1:0,2	1:0,35

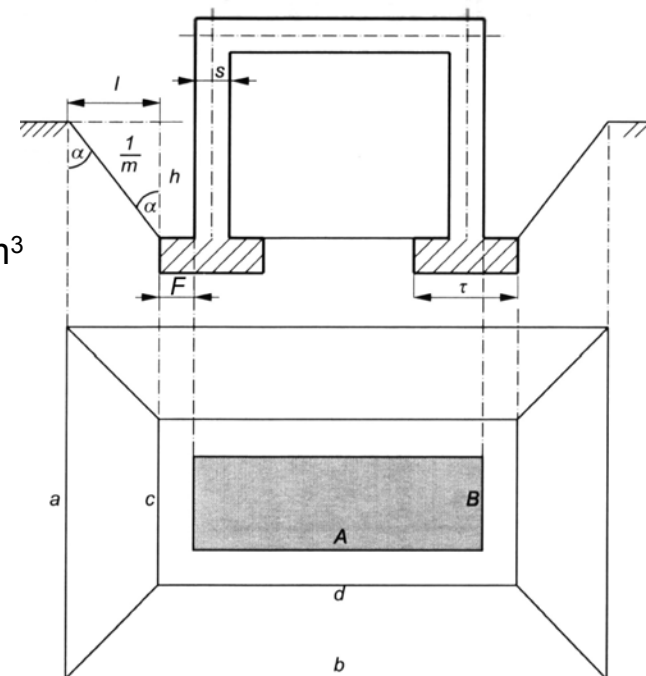
Obliczenie objętości gruntu niezbędnego do obsypania fundamentów



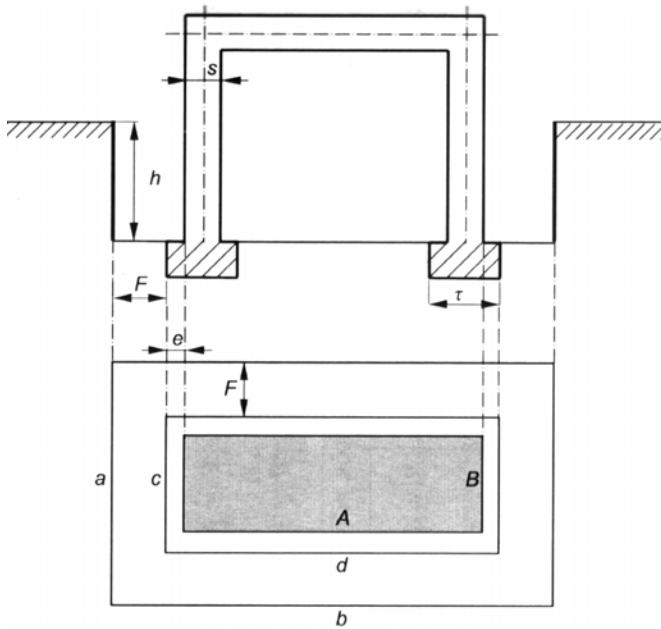
$$V_Z = V_W - V_{OB} [m^3]$$

$$V_{OB} = A \cdot B \cdot h [m^3]$$

- V_Z – objętość gruntu niezbędna do zasypania fundamentów, m^3
- V_W – objętość wykopu szerokoprzestrzennego, m^3
- V_{OB} – objętość obiektu pod poziomem terenu, m^3
- A, B – wymiary obiektu, m
- h – głębokość wykopu, m



Przykład – wykop zabezpieczony



Dane:

$$A = 35.0 \text{ m}$$

$$B = 30.0 \text{ m}$$

h = 2.30 m

kat. geot. I

$$e = 30 \text{ cm}$$

$$F = 0.8 \text{ m}$$

Obliczenia:

$$c = 30.0 + 2 \cdot 0.3 = 30.60 \text{ [m]}$$

$$d = 35.0 + 2 \cdot 0.3 = 35.60 \text{ [m]}$$

$$a = 30.6 + 2 \cdot 0.8 = 32.20 \text{ [m]}$$

$$b = 35.6 + 2 \cdot 0.8 = 37.20 \text{ [m]}$$

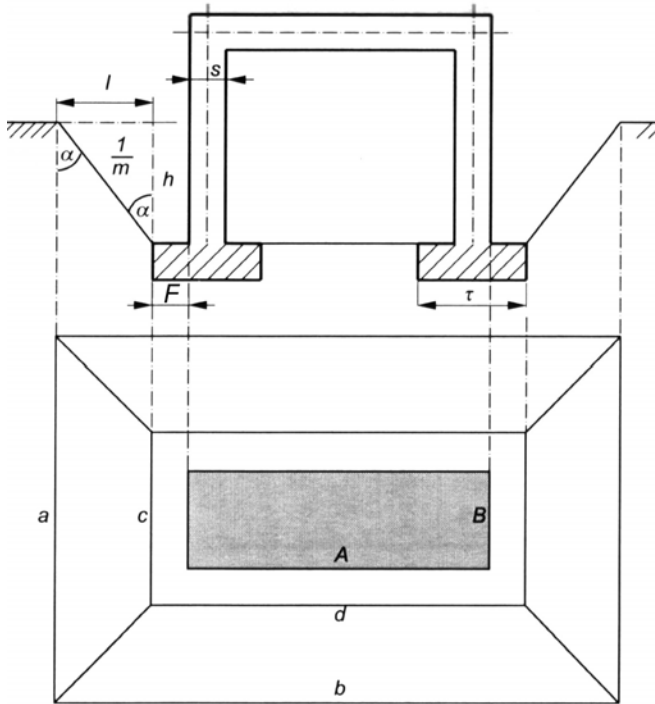
Obliczenia:

$$V = 2.30 \cdot 32.20 \cdot 37.20 = 2755.03 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_{OB} = 35.0 \cdot 30.0 \cdot 2.30 = 2415.00 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$V_Z = 2755.03 - 2415.00 = \mathbf{340.03 \text{ [m}^3\text{]}}$$

Przykład – wykop niezabezpieczony



Dane:

$$A = 35.0 \text{ m}$$

$$B = 30.0 \text{ m}$$

$$h = 2.30 \text{ m}$$

kat. geot. I

$$F = 0.8 \text{ m}$$

Obliczenia:

$$c = 30.0 + 2 \cdot 0.8 = 31.60 \text{ [m]}$$

$$d = 35.0 + 2 \cdot 0.8 = 36.60 \text{ [m]}$$

$$a = 31.6 + 2 \cdot 2.875 = 37.35 \text{ [m]}$$

$$b = 36.6 + 2 \cdot 2.875 = 42.35 \text{ [m]}$$

Obliczenia:

$$V = 2.30/6 \cdot [(2 \cdot 37.35 + 31.60) \cdot 42.35 + (2 \cdot 31.60 + 37.35) \cdot 36.60] = \mathbf{3136.41 \text{ [m}^3\text{]}}$$

$$V_{OB} = 35.0 \cdot 30.0 \cdot 2.30 = \mathbf{2415.00 \text{ [m}^3\text{]}}$$

$$V_Z = 3136.41 - 2415.00 = \mathbf{721.41 \text{ [m}^3\text{]}}$$

Bilans mas ziemnych

$$V_W > V_N$$

L.p.	Rodzaj roboty	WYKOP	UKOP	NASYP	ODKŁAD	ZWAŁKA / UKOP
ETAP I						
1	Zdjęcie humusu [m³]					
2	Niwelacja [m³]					
3	Wywóz gruntu [m³]					
4	Wykop fundamentowy [m³]					
ETAP II						
5	Obsypanie fundamentów [m³]					
6	Rozłożenie ziemi roślinnej [m³]					

Bilans mas ziemnych

$$V_W > V_N$$

L.p.	Rodzaj roboty	WYKOP	UKOP	NASYP	ODKŁAD	ZWAŁKA / UKOP
ETAP I						
1	Zdjęcie humusu [m³]	15000			10000	5000
2	Niwelacja [m³]	50000		50000		
3	Wywóz gruntu [m³]	60000				60000
4	Wykop fundamentowy [m³]	4000			500	3500
Σ [m³]		129000		129000		
ETAP II						
5	Obsypanie fundamentów [m³]		500		500	
6	Rozłożenie ziemi roślinnej [m³]		10000		10000	
Σ [m³]		139500		139500		

Bilans mas ziemnych

$$V_W < V_N$$

L.p.	Rodzaj roboty	WYKOP	UKOP	NASYP	ODKŁAD	ZWAŁKA / UKOP
ETAP I						
1	Zdjęcie humusu [m³]					
2	Niwelacja [m³]					
3	Dowóz gruntu [m³]					
4	Wykop fundamentowy [m³]					
ETAP II						
5	Obsypanie fundamentów [m³]					
6	Rozłożenie ziemi roślinnej [m³]					

Bilans mas ziemnych

$$V_W < V_N$$

L.p.	Rodzaj roboty	WYKOP	UKOP	NASYP	ODKŁAD	ZWAŁKA / UKOP
ETAP I						
1	Zdjęcie humusu [m³]	15000			10000	5000
2	Niwelacja [m³]	50000		50000		
3	Dowóz gruntu [m³]		30000			30000
4	Wykop fundamentowy [m³]	4000			500	3500
Σ [m³]		99000		99000		
ETAP II						
5	Obsypanie fundamentów [m³]		500		500	
6	Rozłożenie ziemi roślinnej [m³]		10000		10000	
Σ [m³]		109500		109500		

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