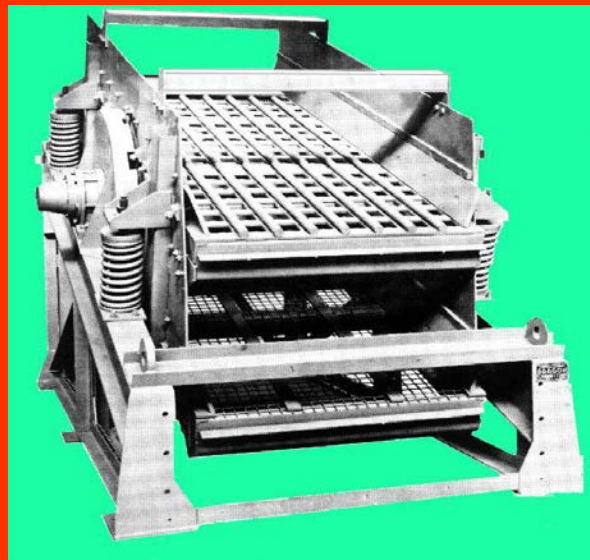
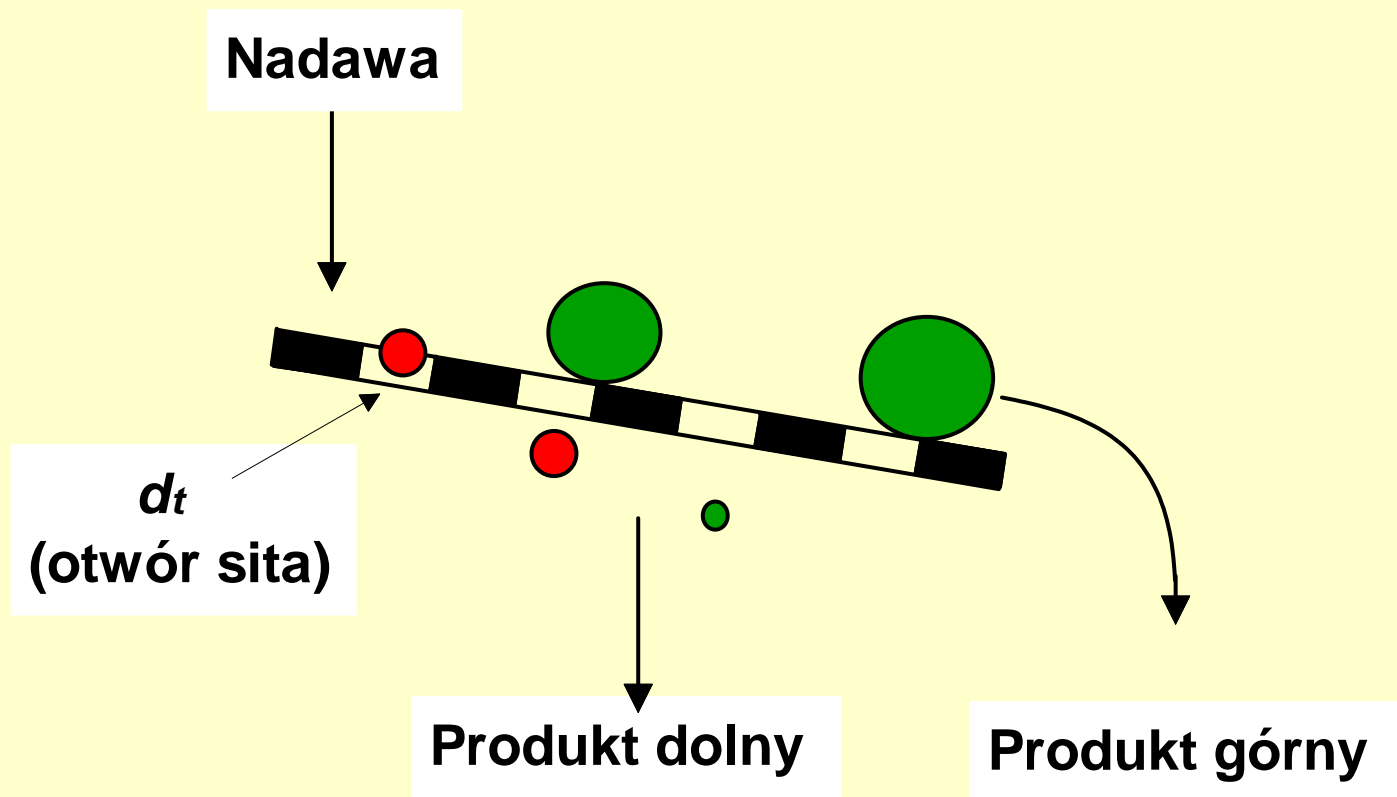


PRZESIEWANIE

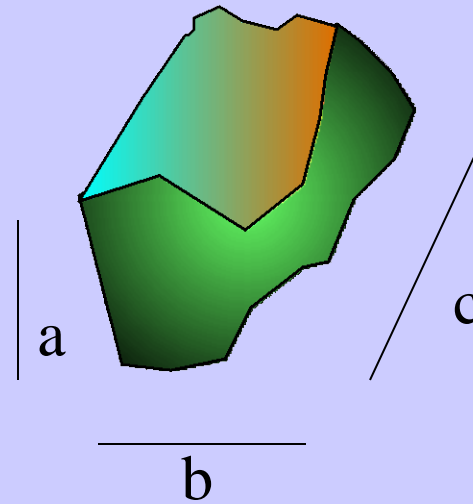
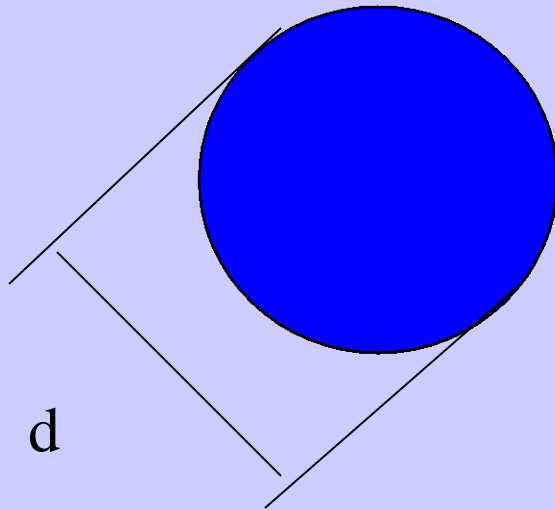




Cechą główną przesiewania jest **rozmiar i kształt ziarna**

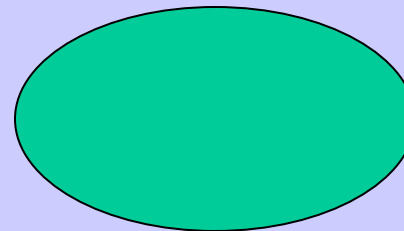
Pojedyncze ziarna

ziarna niesferyczne



ziarno sferyczne

ziarno nieregularne



ziarno regularne

Opis średnicy nieregularnych ziarn

Nazwa	Opis
Średnica arytmetyczna	średnia arytmetyczna trzech wymiarów (długość, szerokość, wysokość) ziarna
Średnica geometryczna	średnia geometryczna trzech wymiarów ziarna $(abc)^{1/3}$
Średnica harmoniczna	średnia harmoniczna trzech wymiarów ziarna $\{1/3(1/a+1/b+1/c)\}^{-1}$
Średnica sitowa	rozmiar kwadratowego oczka sita, przez które ziarno jeszcze przejdzie
Średnica sitowa	średnia arytmetyczna rozmiaru sita, na którym zatrzymało się ziarno, i rozmiaru sąsiedniego sita, przez które ziarno przeszło
Średnica powierzchniowa	średnica kuli mającej taką samą powierzchnię jak rozpatrywane ziarno
Średnica objętościowa (średnica zastępcza d_z)	średnica kuli mającej taką samą objętość jak rozpatrywane ziarno
Średnica projekcyjna (d_p)	średnica kuli mającej taką samą powierzchnię rzutu na płaszczyznę jak ziarno oglądane w kierunku prostopadłym do płaszczyzny stabilności ziarna
Średnica hydrodynamiczna	średnica kuli stawiającej taki sam opór jak cząstka przy ruchu cieczy o takiej samej lepkości przy tej samej prędkości
Średnica swobodnego opadania	średnica kuli mającej taką samą gęstość i taką samą prędkość opadania jak cząstka w cieczy o takiej samej gęstości i prędkości
Średnica Stokesa	średnica swobodnego upadku w laminarnym obszarze opadania, $Re_{cząstki} < 0,2$
Średnica objętościowo-powierzchniowa	średnica kuli mającej taki sam stosunek powierzchni do objętości jak ziarno
Średnica Fereta	średnia wartość odległości pomiędzy parą równoległych stycznych do rzutu ziarna na płaszczyznę
Średnica Martina	średnia długość cięciwy rzutu ziarna na płaszczyznę

Kształt nieregularnych ziarn
(*a* – długość, *b* – szerokość, *c* – grubość) według Zingga
(dane zaczerpnięte z pracy Laskowskiego i współ., 1977)

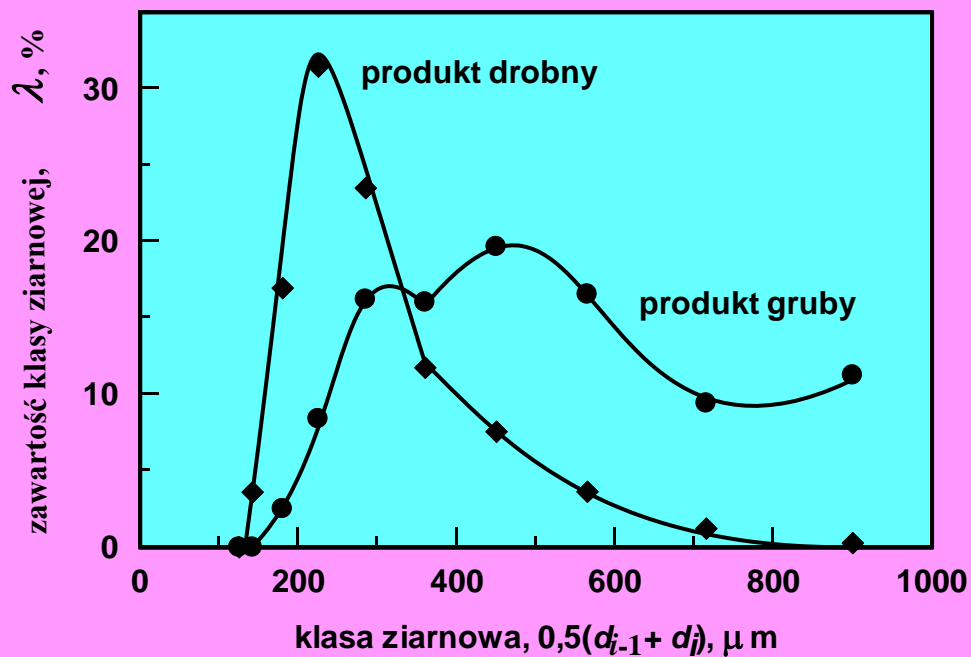
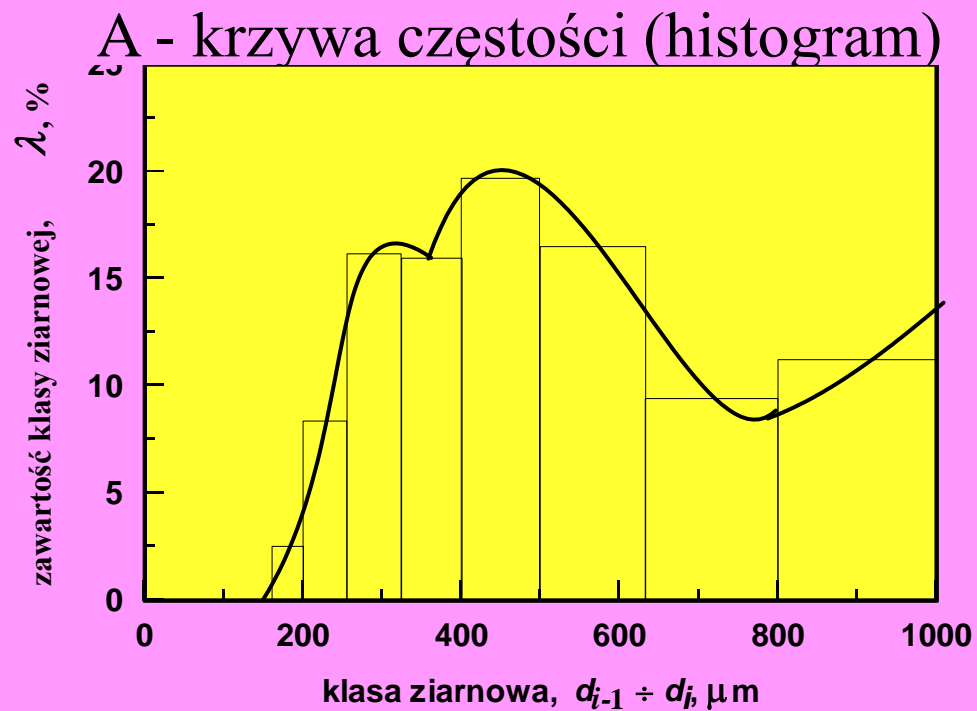
Kształt ziarn	Wskaźniki
Kuliste	$b/a > 2/3; c/b > 2/3$
Słupkowe	$b/a < 2/3; c/b < 2/3$
Płaskie	$b/a > 2/3; c/b < 2/3$
Płasko-słupkowe	$b/a < 2/3; c/b < 2/3$

Wybrane współczynniki kształtu

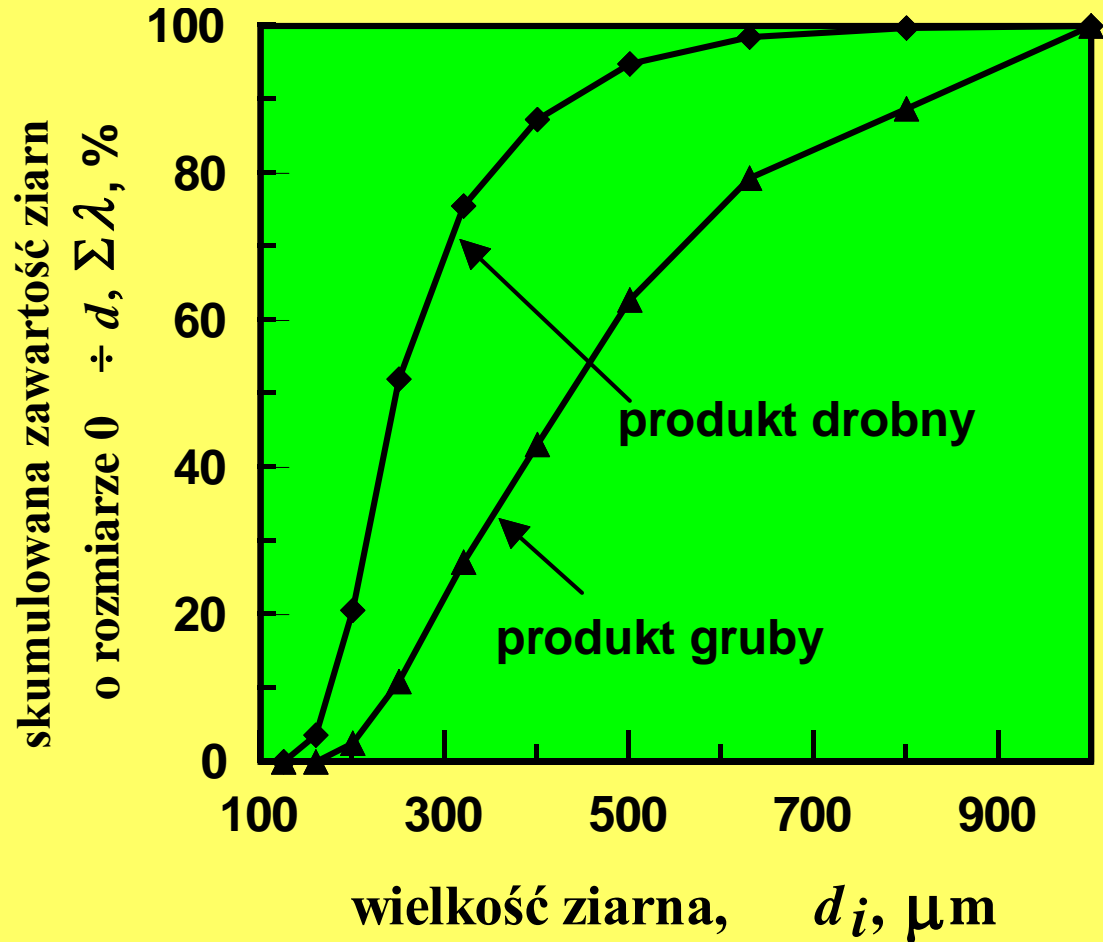
Współczynnik kształtu	Opis	Formuła
Powierzchniowy λ_s	stosunek powierzchni ziarna do powierzchni obliczonej z średnicy nominalnej ziarna (d_n)	$\lambda_s = \pi d_s^2 / \pi d_n^2$ d_s – średnica kuli o takiej samej powierzchni jak ziarno
Objętościowy λ_v	stosunek objętości ziarna do jego objętości obliczonej z średnicy nominalnej	$\lambda_v = (\pi/6)d_v^3 / (\pi/6)d_n^3$ d_v – średnica kuli o takiej samej objętości jak ziarno
Sferyczność Ψ	stosunek powierzchni kuli o takiej samej objętości jak ziarno do powierzchni cząstki	$\Psi = (d_v / d_s)^2$
Sferyczność Krumbeina, Ψ_k	stosunek objętości elipsoidy trójosiowej do objętości kuli opisującej tę elipsoidę	$\Psi_k = \{(\pi/6)abc / (\pi/6)a^3\}^{1/3}$
Sferyczność Schiela Ψ_S	oparta na stosunku średniego ziarna z analizy sitowej za pomocą sit z okrągłymi oczkami ($d_o = d_{o,0,5}$) do średniego ziarna z sitami o kwadratowych ($d_k = d_{k,0,5}$) oczkach ($k = d_o / d_k$)	$\Psi_S = (1 - \log k / \log \sqrt{2})$

Zbiór ziarn

Skład ziarnowy



B - krzywa rozkładu (skumulowana krzywa częstości)



**Niektóre funkcje stosowane do linearyzacji krzywych rozkładu,
zwłaszcza krzywych składu ziarnowego. c oznacza wartość liczbową cechy**

Najczęściej stosowana nazwa funkcji	$\Sigma\lambda$ (%) / 100% = (kumulowana zawartość (%) / 100% frakcji dla dane- go c)	Znaczenie c^*
Rosina–Rammlera lub Weibulla	$1 - \exp[-(c/c^*)^s]$	wartość c , przy której $\Sigma\lambda = 0,632$
Gatesa–Gaudina– Schumanna	$[c/c^*]^n$	maksymalna war- tość cechy c
Broadbenta–Callcotta	$1 - \exp[-(c/c^*)] / (1 - \exp(-1))$	maksymalna war- tość cechy c
Gaudina–Meloya	$1 - [1 - (c/c^*)]^n$	maksymalna war- tość cechy c
Log-probabilistyczna	$\text{erf} [\ln(c/c^*) / \sigma],$ erf – funkcja błędu σ – standardowe odchylenie geometryczne	medialna wartość cechy c

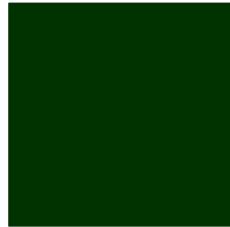


Fractal dimension =1
Traditional dimension =1

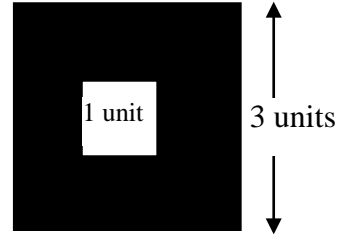


Fractal dimension =1.35
Traditional dimension =1

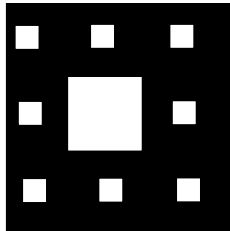
Fractal dimension versus euclidean or traditional dimensions
expressing lines of different nature



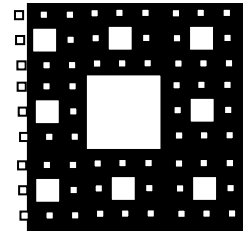
a) Sierpinski carpet constructor



b) Sierpinski carpet generator



a) Sierpinski carpet first iteration

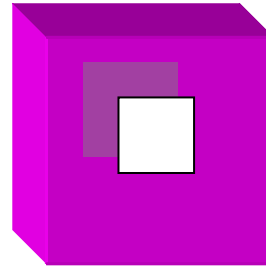


a) Sierpinski carpet second iteration

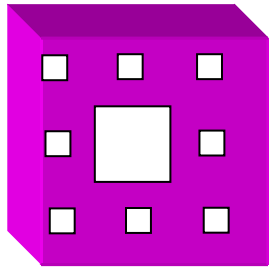
The Sierpinski carpet showing up to the second iteration order having fractal dimension of 1.8928 (after Hargrave et al., 1998)



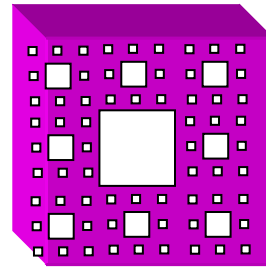
a) Sierpinski carpet constructor



b) Sierpinski carpet generator



a) Sierpinski carpet first iteration



a) Sierpinski carpet second iteration

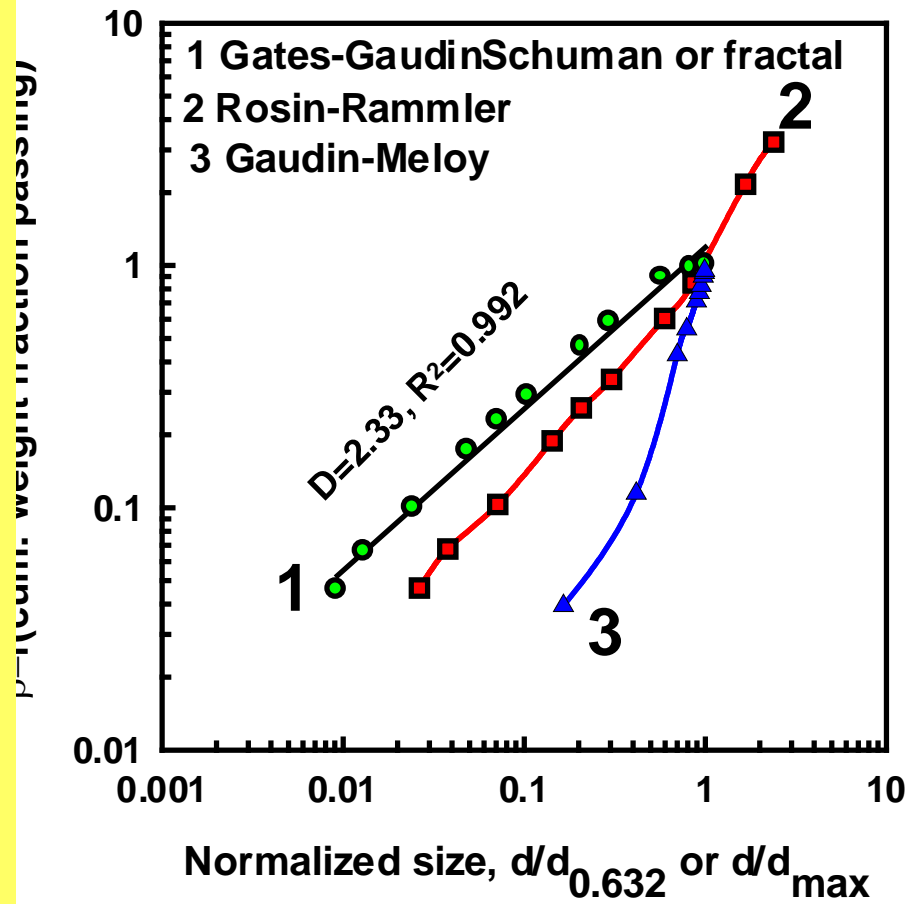
$$D = \ln(N) / \ln(1/r)$$

***D* is the fractal dimension, *N* = the total number of the unremoved squares usually constant for each iteration step by considering the new square to work on is similar to the generator step, in this case *N* = 8, and *r* = linear ratio of similarity between repeated shapes presented in two subsequent iterations, in this case *r* = 1/3.**

**Opis fraktalny składu ziarnowego = równanie
Gatesa–Gaudina–Schumanna**

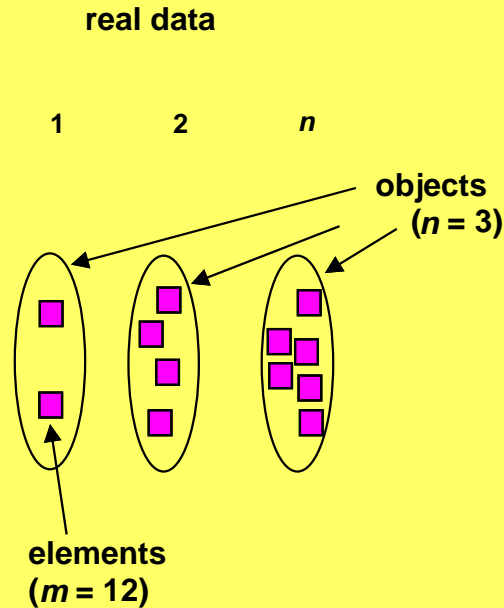
$$\Sigma\lambda = [c/c^*]^n$$

maksymalna wartość cechy *c*

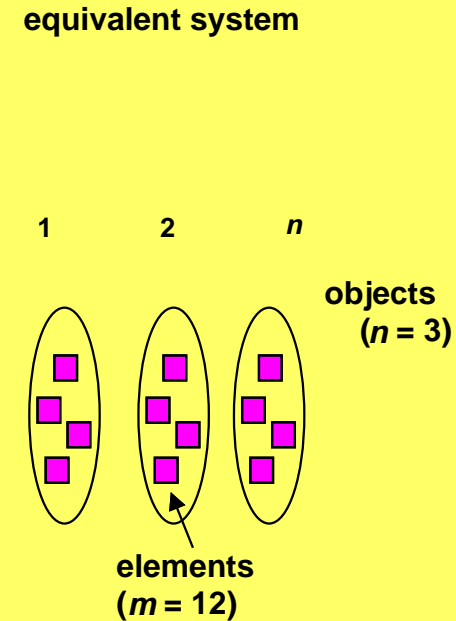


Średni rozmiar zbioru ziarn

arithmetic mean



n number of objects
consisting of varying
number of identical
elements; total number of
elements is m



the same number of objects
($n=3$) consisting of the same
number of identical
elements (4); total number
of elements is m

element: fruit, particle, container, mass, etc.
object: man, container, set, volume, etc.

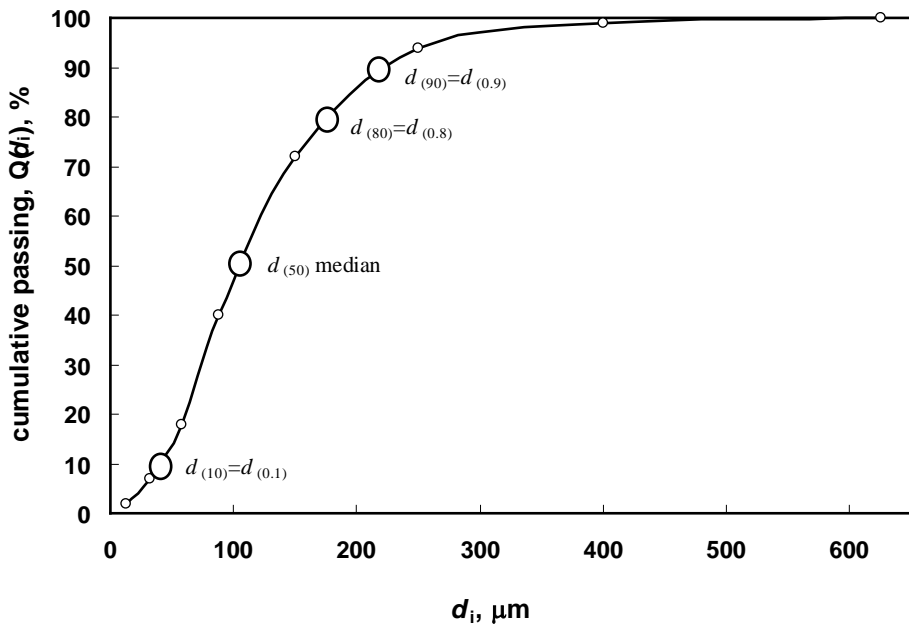
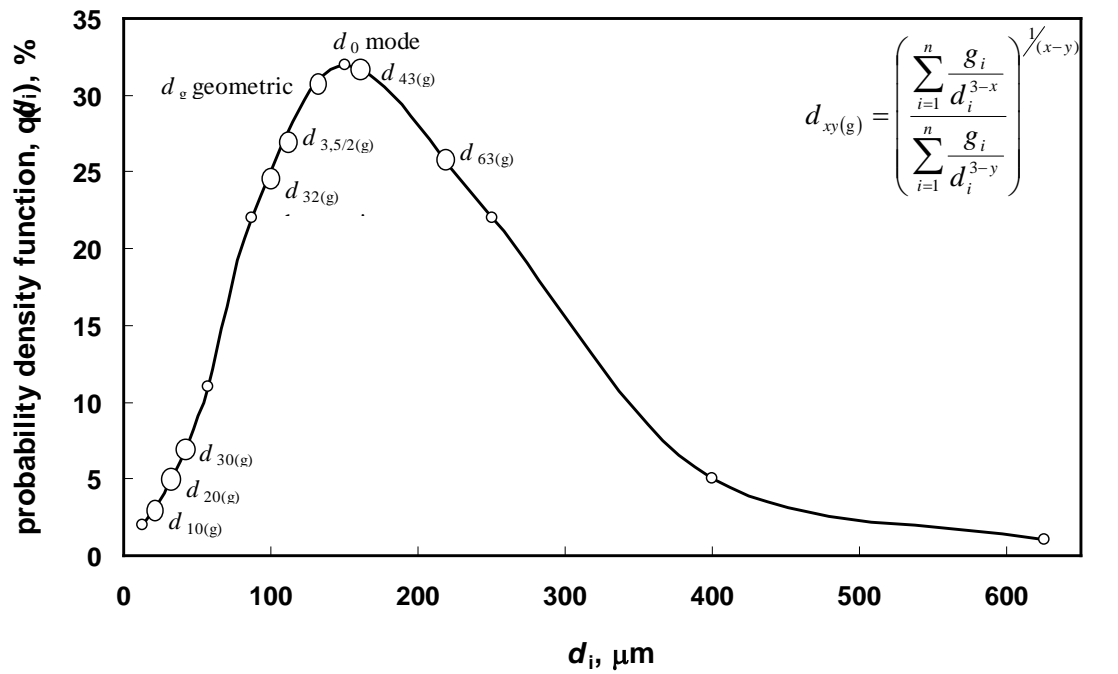
Średni rozmiar zbioru ziarn

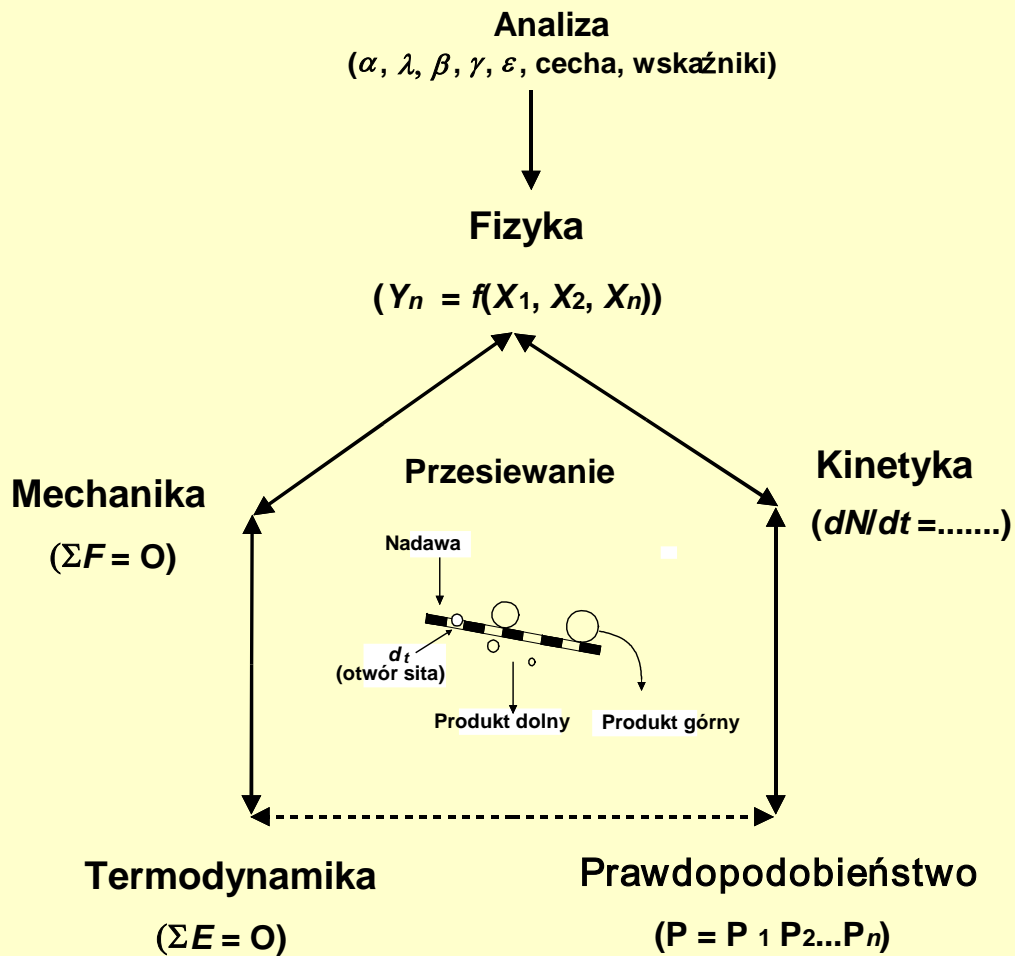
$$d_{xy} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n N d_i^x}{\sum_{i=1}^n N d_i^y} \right)^{1/(x-y)}$$

N = liczba ziarn

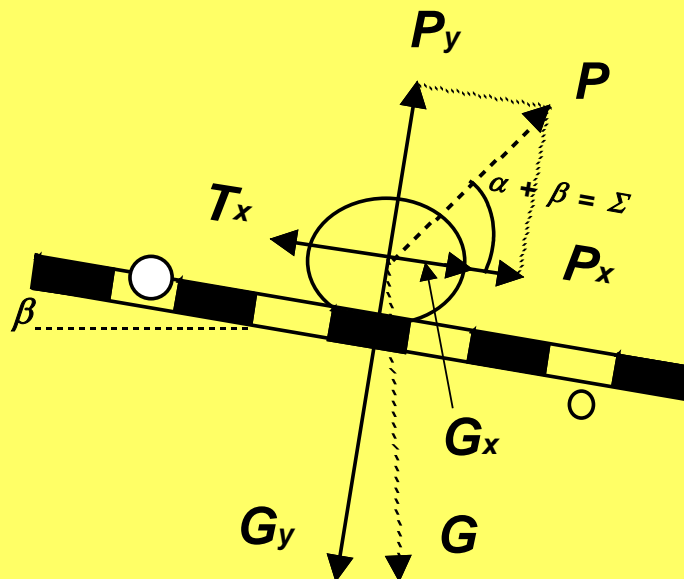
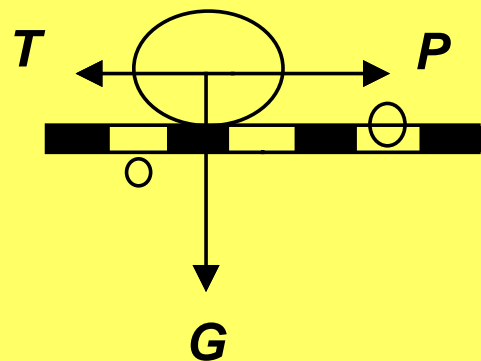
$$d_{xy} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{d_i^{3-x}}}{\sum_{i=1}^n \frac{g_i}{d_i^{3-y}}} \right)^{1/(x-y)}$$

g = udział frakcji





Mechanika przesiewania



$P > T$ przesiewanie na płaskich sitach

$P_x + G_x > T_x$ przesiewanie na sitach nachylonych

$P_y > G_y$ przesiewanie z podrzutem

Fizyka przesiewania

$$P_x = P \cos (\alpha + \beta) = ma \cos (\alpha + \beta), \quad (4.4)$$

$$G_x = G \sin \beta = mg \sin \beta, \quad (4.5)$$

$$T_x = \mu_o (G_y - P_y) = \mu_o [mg \cos \beta - ma \sin (\alpha + \beta)], \quad (4.6)$$

można otrzymać tzw. *wskaznik posuwu ziarna* u_s

$$u_s = \frac{u_o [\cos (\alpha + \beta) + u_o \sin (\alpha + \beta)]}{u_o \cos \beta - \sin \beta} > 1, \quad (4.7)$$

gdzie u_o jest *dynamicznym wskaźnikiem przesiewacza*, zdefiniowanym jako stosunek maksymalnego przyspieszenia sit do przyspieszenia ziemskiego

$$u_o = \frac{A\omega^2}{g}. \quad (4.8)$$

Za przyspieszenie sit a wstawiono przyspieszenie maksymalne, wynoszące dla drgań harmoniczych $a = A\omega^2$.

W równaniach (4.4)–(4.7):

A – amplituda drgań harmoniczych,

ω – prędkość kątowna,

G_x – składowa styczna sił grawitacyjnych,

P_x – składowa normalna sił bezwładności,

m – masa ziarna,

g – przyspieszenie ziemskie,

a – przyspieszenie posuwu,

β – nachylenie sita w stosunku do poziomu,

α – kierunek działania sił bezwładności, wynikających z drgań harmoniczych sita nachylonego do poziomu

Ruch ziarna z podrzutem

Gdy rozpatrujemy ruch ziarna z podrzutem (rys. 4.5), wtedy musi być spełniony warunek podany równaniem (4.3), czyli $P_y > G_y$. Po wstawieniu za P_y i G_y fizycznych wyrażeń określających te siły

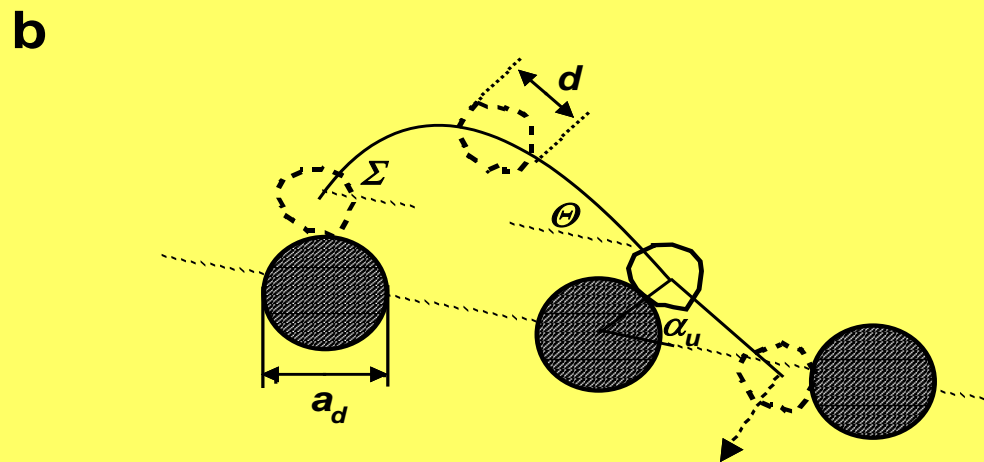
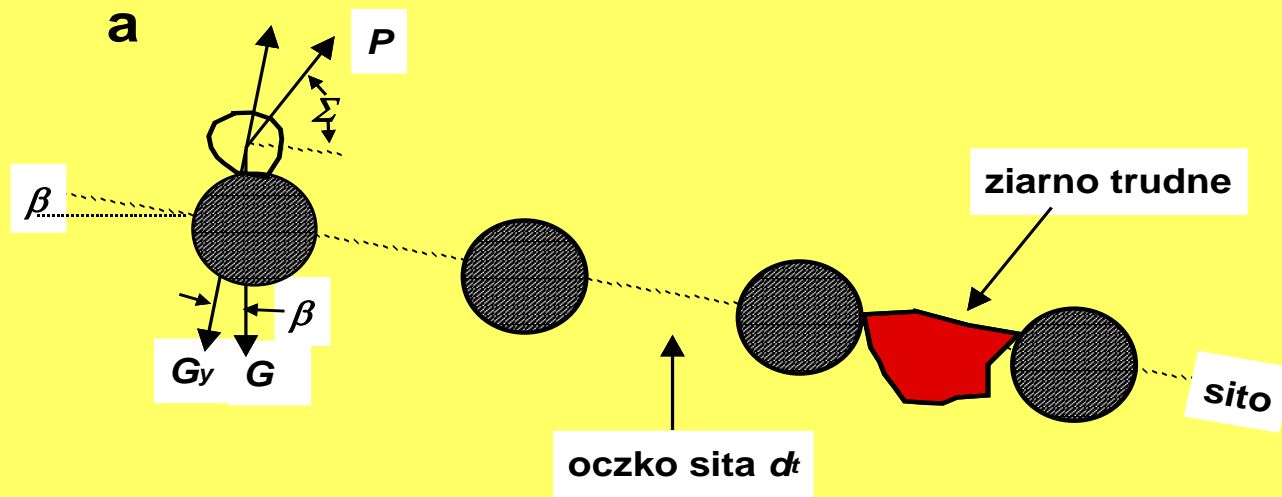
$$P_y = P \sin (\alpha + \beta), \quad (4.9)$$

$$G_y = G \cos \beta, \quad (4.10)$$

można otrzymać wyrażenie na *wskaźnik podrzutu* u_p

$$u_p = \frac{A\omega^2 \sin(\alpha + \beta)}{g \cos \beta} \Rightarrow \frac{A\omega^2 \sin(\Sigma)}{g \cos \beta} > 1, \quad (4.11)$$

ponieważ $G = mg$, $P = ma$, zaś $a = A\omega^2$.

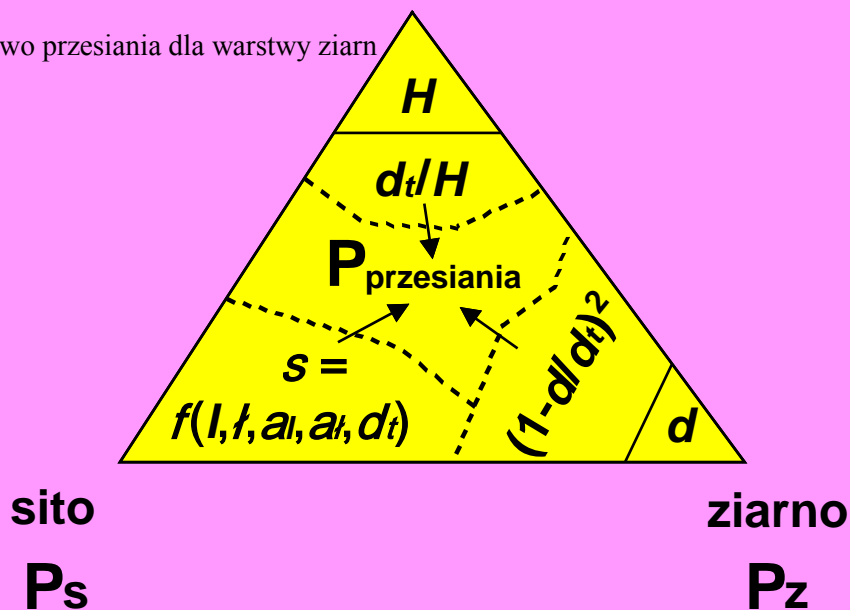


Prawdopodobieństwo przesiania

$$P_{\text{przesiania}} = P_z P_s P_r,$$

P_r
sposób
przesiewania

Wpływ parametrów na prawdopodobieństwo przesiania dla warstwy ziarn



$$P_{\text{przesiania}} = P_z P_s P_r = \left(1 - \frac{ad_A + b}{\sqrt{C_{AN}} d_t} \right)^2 \frac{rd_t^2}{(rd_t + a_l)(d_t + a_l)} \frac{d_t}{H}$$

Kinetyka przesiewania

Zależności
ogólne

$$v_{pi} = -d\lambda_i/dt = k_i \lambda_i,$$

v - prędkość
przesiewania

$$\lambda_{i,t} = \alpha_i \exp(-k_i t)$$

k - stała

Malewski, 1990

$$k_{si} = k_{0,5} \left[2 \left(1 - \frac{d_i}{d_t} \right) \right]^\delta$$

$$k_{0,5} = 3600 VBW \varphi s C d_s / Q_o,$$

(Oznaczenia w książce „Podstawy mineralugii”)

Wybrane przybliżone formuły wydajności przesiewania ciągłego

Autor formuły	Wzór	Źródło
Nawrocki	$Q = 900Fn^{0,5}sd_t\rho_u v_m C/Sb$ (Mg/h)	Banaszewski, 1990
Kluge	$Q = FQ_jW_gW_dSHM$ (Mg/h)	Banaszewski, 1990
Olewski	$Q = 2,23 \cdot 10^{-4} (100 - \varepsilon) d_t p_c \rho_u$ (Mg/h)	Sztaba, 1993

Q – wydajność skuteczna (strumień masowy) nadawy przy danym uzysku.

Formuła Nawrockiego:

- n – częstotliwość drgań, min^{-1} ,
- s – współczynnik prześwietu,
- d_t – wymiar boku otworu kwadratowego oczka sita, m,
- ρ_u – gęstość usypowa materiału, Mg/m^3 ,
- v_m – prędkość materiału na sicie, m/s,
- C – współczynnik trudności przesiewania,
- S – współczynnik skuteczności przesiewania,
- b – współczynnik lepkości materiału.

Formuła Klugego:

- F – powierzchnia sita,
- Q_j – wydajność jednostkowa zależna od otworu sita i rodzaju przesiewanego materiału, $\text{t}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$,
- W_g – współczynnik zależny od procentowej zawartości w nadawie ziarn większych od wymiaru otworu sita,
- W_d – współczynnik zależny od procentowej zawartości w nadawie ziarn mniejszych od połowy wymiaru otworu sita,
- S – współczynnik zależny od żądanej sprawności przesiewania;
- H – współczynnik zależny od rodzaju przesiewania (na sucho lub na mokro) i dla odpowiedniej wielkości otworów sita d_t ;
- M – współczynnik uwzględniający liczbę pokładów sita w jednym rzeszocie, dla pierwszego pokładu $M = 1$, drugiego $M = 0,9$, trzeciego $M = 0,75$.

Współczynniki W_g , W_d oraz S odczytuje się z nomogramów, podanych np. w pracy Banaszewskiego, 1990.

Formuła Olewskiego:

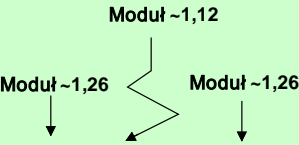
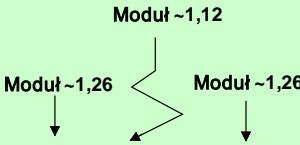
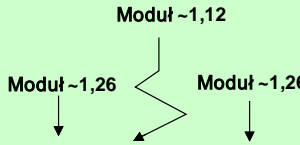
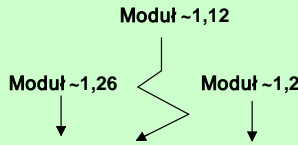
- p_c – pole powierzchni czynnej sita, m^2 ,
- ε – uzysk klasy drobnej,
- d_t – wielkość otworu sita,
- ρ_u – gęstość usypowa materiału.

Analiza sitowa

Normy dla przeróbki kopalin przewidują, że sita do analizy sitowej, czyli sita analityczne, mają oczka kwadratowe o wielkości otworów tworzących ciągi kolejnych wyrazów szeregu geometrycznego o module $\approx \sqrt[10]{10} = 1,259$ lub $\approx \sqrt[20]{10} = 1,122$. Są to odpowiednio szeregi R-10 i R-20 (Sztaba, 1993).

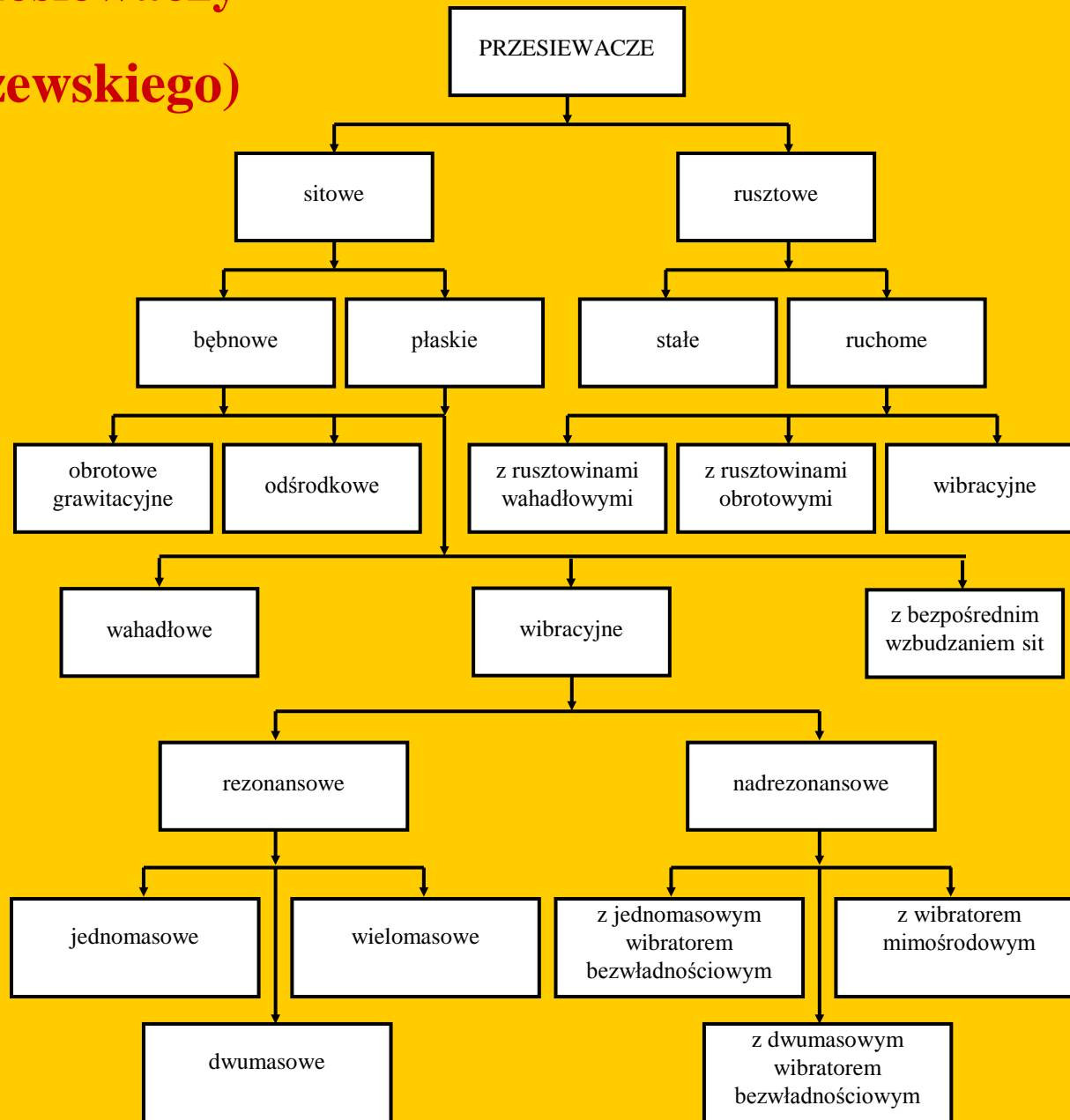


**Rozmiar otworów sit analitycznych
zalecanych przez polską normę PN-86/M-94001 do analizy sitowej**

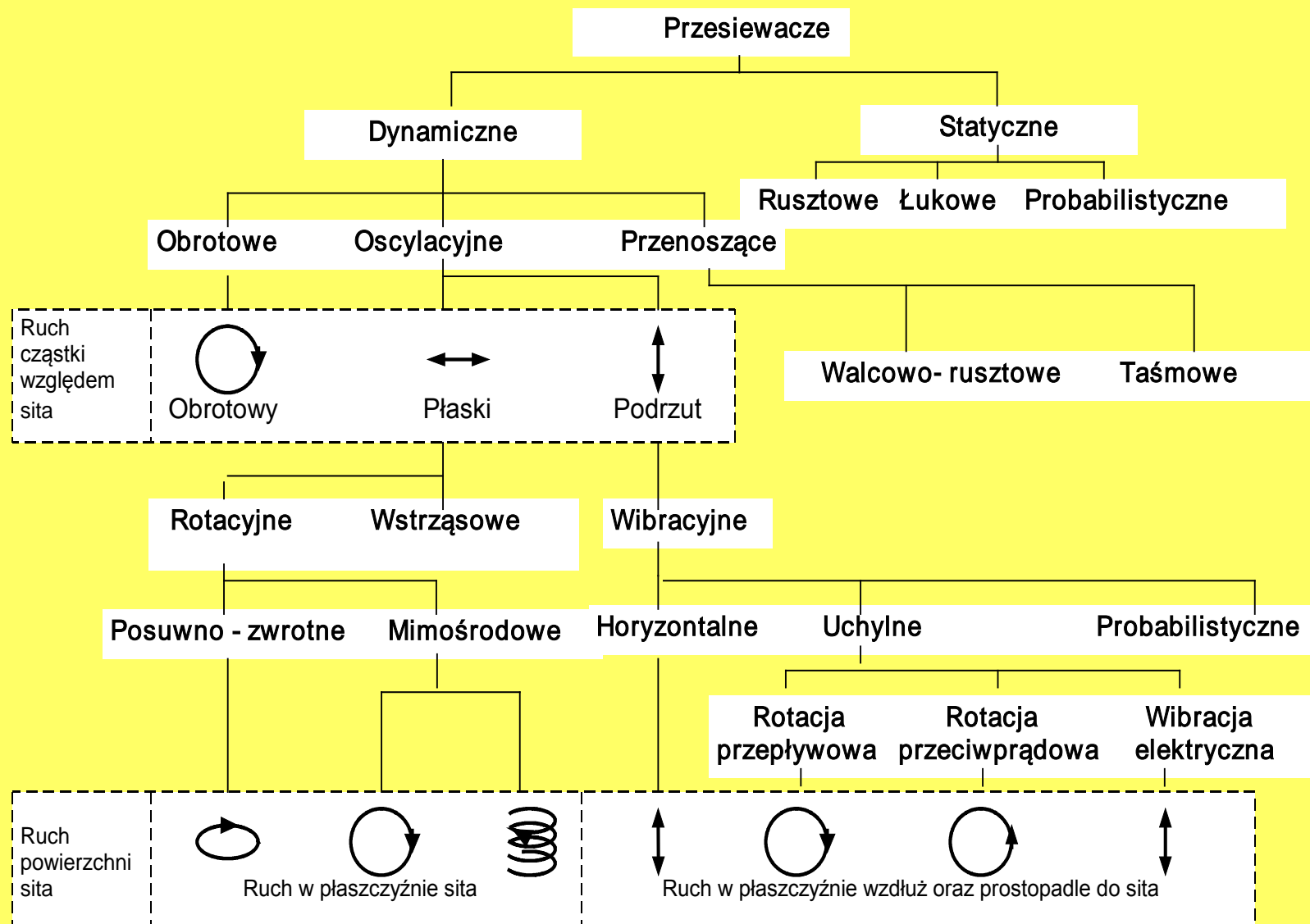
Rozmiar oczka sita mm	Rozmiar oczka sita mm	Rozmiar oczka sita mm	Rozmiar oczka sita mm
			
	cd.	cd.	cd.
0,025	0,25	2,5	25
0,028	0,28	2,8	28
0,032	0,32	(3,0), 3,2	(30), 32
0,036	0,36	3,6	36
0,040	0,40	4,0	40
0,045	0,45	4,5	45
0,050	0,50	5,0	50
0,056	0,56	5,6	56
0,063	0,63	(6,0),6,3	(60),63
0,071, (0,075)	0,71	7,1	71
0,080	0,80	8,0	80
0,090	0,90	9,0	90
0,10	1,0	10,0	100
0,11	1,1, 1,2	11,2	112
0,12	(1,25)	12,0, 13,5	(120),125
0,14 (0,15)	1,4	14,0	140
0,16	1,6	16,0	160
0,18	1,8	18,0	180
0,20	2,0	20,0	200
0,22	2,2	22,0,(22,4)	

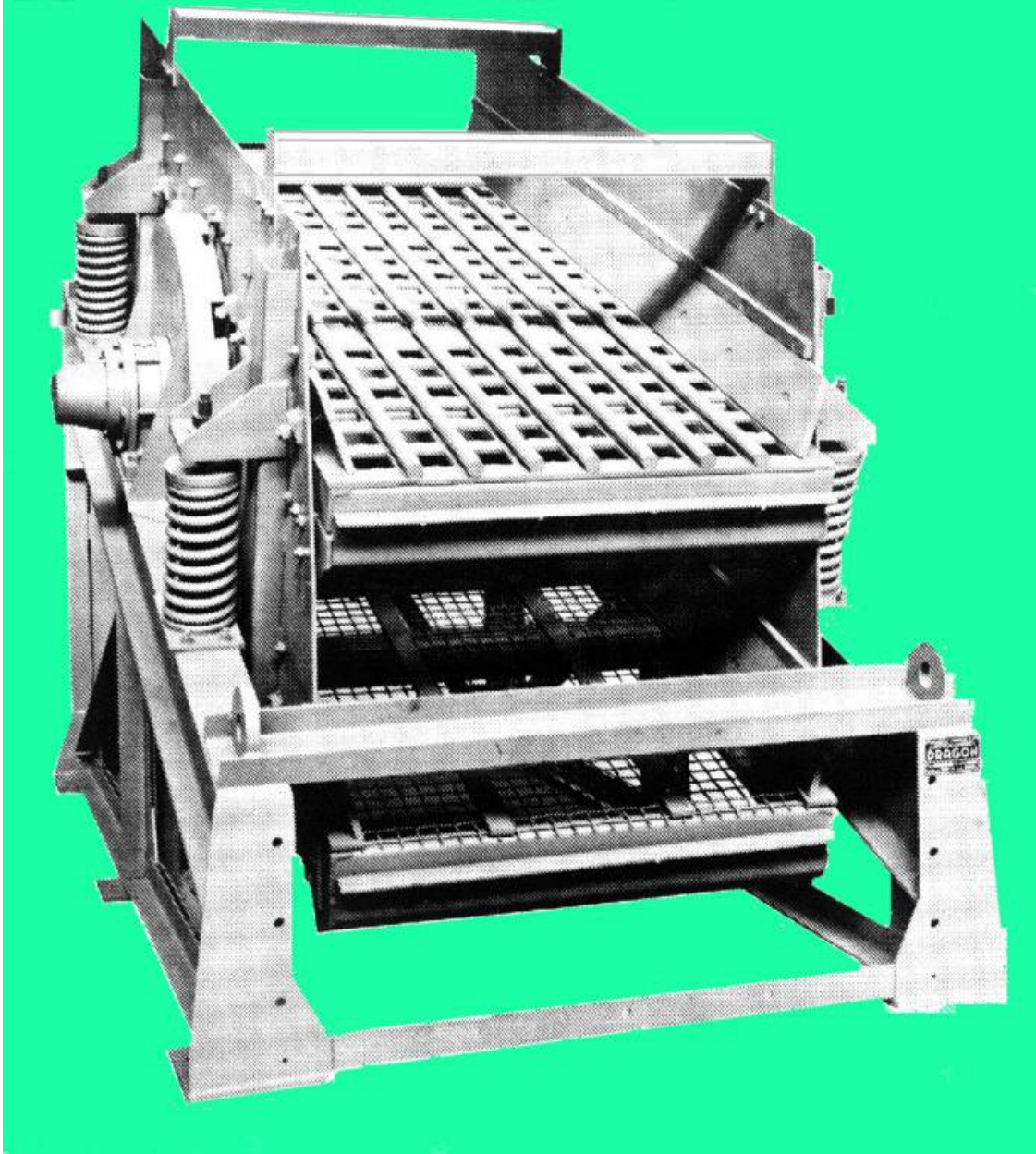
Podział przesiewaczy

(wg Banaszewskiego)



Podział przesiewaczy (wg Kelly'ego i Spottiswooda)





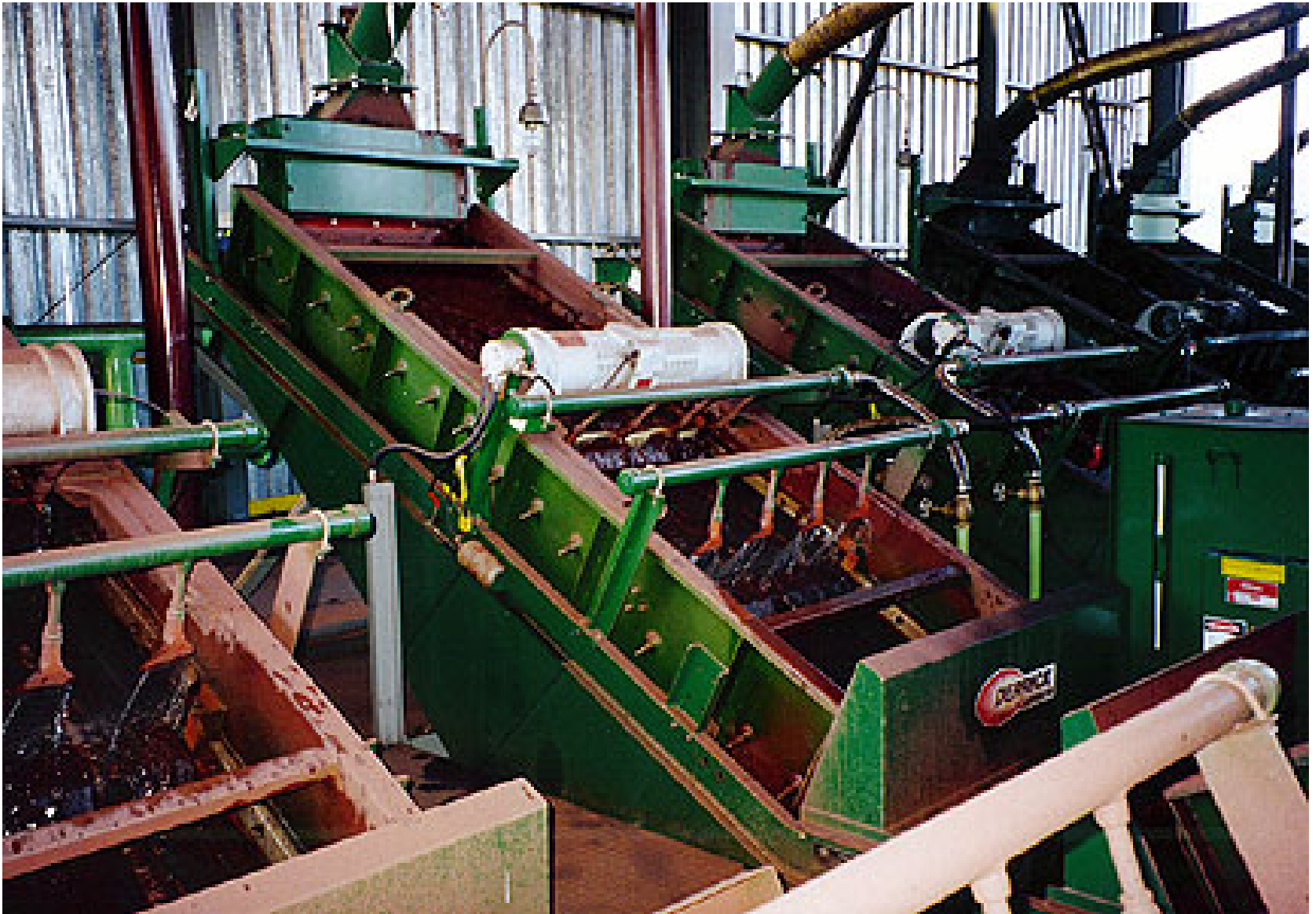


Sito łukowe
(sieve bend)

Wet Sizing Screen



© 1999 - 2006 Derrick Corporation
590 Duke Road • Buffalo, New York 14225 USA
(716) 683-9010 • Fax: (716) 683-4991



Repulp Wet Sizing Screen

High Shear Screen



Six Belt Scalpers extracting organic material from the hydrocyclone overflow in a sugar beet installation (photos 2-4

