

# CECHY FIZYCZNE MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

NA PODSTAWIE:

BUDOWNICTWO OGÓLNE  
TOM1 – MATERIAŁY I WYROBY BUDOWLANE  
PRACA ZBIOROWA  
POD KIERUNKIEM PROF. DR.  
HAB. INŻ. BOGUSŁAWA STEFAŃCZYKA  
ARKADY, WARSZAWA 2005

# Przykłady materiałów budowlanych

- naturalne materiały kamienie: skały zwarte, piaski, żwiry;
- ceramika porowata, zwarta, półszlachetna;
- spoiwa mineralne: cement, wapno, gips;
- zaczyny, zaprawy, betony na spoiwach mineralnych;
- masy, zaprawy, betony na spoiwach organicznych;
- betony lekkie na kruszywach naturalnych;
- betony lekkie na kruszywach sztucznych;
- betony komórkowe (piano- i gazobetony);
- wyroby z zaczynów, zapraw, betonów;
- szkło;
- drewno i materiały drewnopochodne;
- lepiszcza bitumiczne;
- metale;
- wyroby instalacyjne;
- wyroby do izolacji przeciwwodnej;
- wyroby do izolacji termicznej;
- wyroby do uszczelniania (szczeliwa);
- wyroby powłokowe (malarskie);
- wyroby do ochrony antykorozyjnej;
- wyroby dekoracyjne.

# Cechy fizyczne materiałów budowlanych

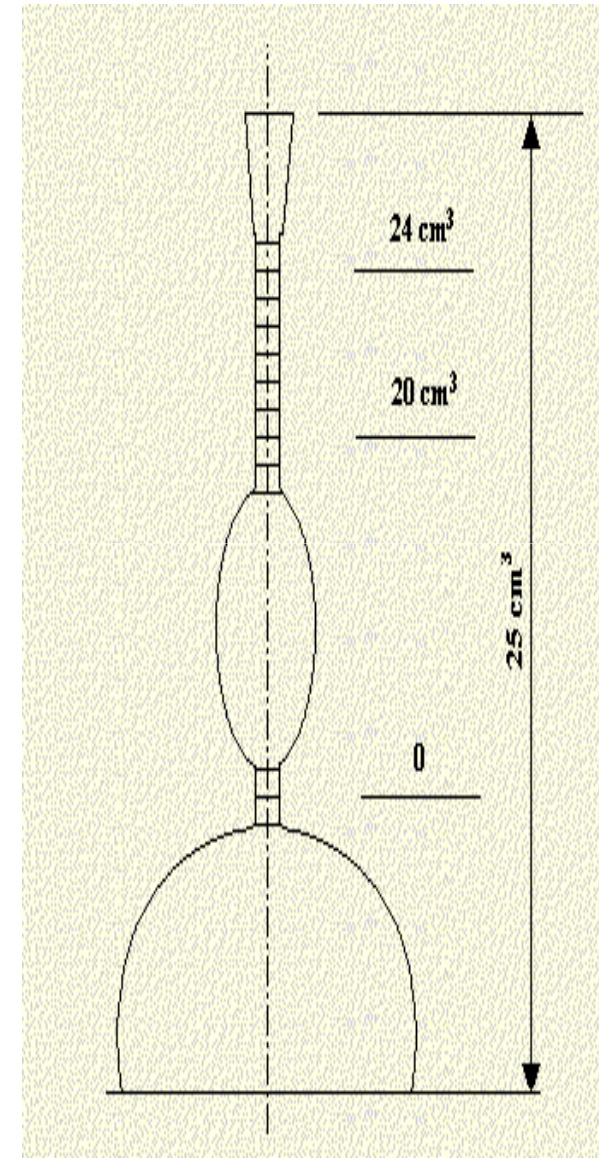
1. Gęstość
2. Gęstość pozorna
3. Gęstość nasypowa
4. Szczelność
5. Porowatość
6. Wilgotność
7. Nasiąkliwość
8. Higroskopijność
9. Kapilarność
10. Przesiākliwość
11. Stopień nasycenia
12. Zdolność odparowania
13. Przepuszczalność pary wodnej
14. Skurcz
15. Odporność na korozję
16. Odporność na starzenie
17. Rozszerzalność cieplna
18. Przewodność cieplna
19. Ciepło właściwe
20. Żaroodporność
21. Żarowytrzymałość
22. Odporność ogniowa
23. Mrozoodporność
24. Palność
25. Toksyczność

# Oznaczanie gęstości

przeprowadza się - zależnie od stopnia wymaganej dokładności

- w piknometrze (pomiar dokładny) lub w

- objętościomierzu Le Chateliera (pomiar przybliżony)



# Gęstość

Masa jednostki objętości materiału wraz z zawartymi w niej porami (w stanie naturalnym)

$$\rho = \frac{m_s}{V}$$

$m_s$  – masa suchej sproszkowanej próbki materiału  
[kg]

$V$  – objętość sproszkowanej próbki materiału  
(bez porów) [m<sup>3</sup>]

# Gęstość objętościowa

Masa jednostki objętości materiału wraz z zawartymi w niej porami (w stanie naturalnym)

$$\rho_0 = \frac{m_s}{V_0}$$

$m_s$  – masa suchej sproszkowanej próbki materiału [kg]

$V_0$  – objętość próbki materiału w stanie naturalnym (z porami) [m<sup>3</sup>]

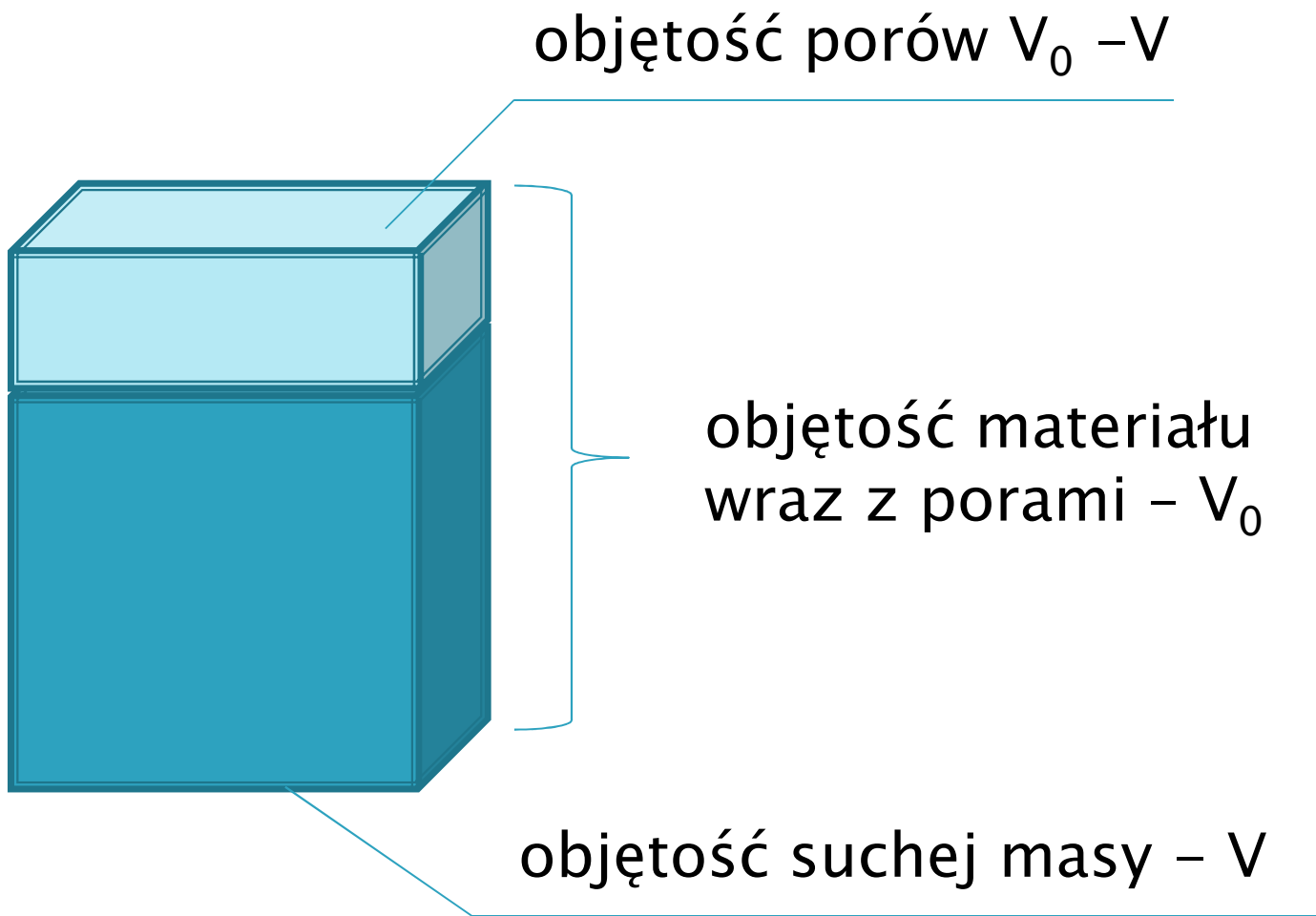
Nazwa materiału	Gęstość $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Gęstość objętościowa (pozorna) $\rho_0$ [g/cm <sup>3</sup> ]
Beton zwykły	2,8	2,0–2,2
Cement	3,05–3,15	1,1–1,2
Ceramika czerwona	2,7	1,8–1,95
Drewno	1,55	0,45–0,95
Piasek	2,72	1,55–1,65
Smoła	1,15	1,15
Szkło	2,65	2,65
Stal budowlana	7,85	7,85
Pianizol	1,4	0,01
Styropian	1,1	0,03

# Gęstość nasypowa

masa jednostki objętości materiału sypkiego  
w stanie luźnym

warunki techniczne oznaczenia gęstości  
nasypowej określa PN-EN-1097-3:1998





# Szczelność

Określa jaką część całkowitej objętości badanego materiału stanowi masa materiału bez porów

$$S = \frac{V}{V_0} = \frac{\cancel{m_s} \rho}{\cancel{m_s} \rho_0} = \frac{\rho_0}{\rho} 100\%$$

$\rho_0$  – gęstość objętościowa (pozorna) [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho$  – gęstość [kg/m<sup>3</sup>]

# Porowatość

Określa jaką część całkowitej objętości materiału stanowi objętość porów

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} 100 \% = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} 100 \% = (1 - S) 100 \%$$

$\rho_0$  – gęstość objętościowa (pozorna) [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho$  – gęstość [kg/m<sup>3</sup>]

$S$  – szczelność

# Wilgotność

zawartość wody w materiale ( w danej chwili)

$$W = \frac{m_w - m_s}{m_s} 100\%$$

$m_w$  – masa próbki materiału w stanie wilgotnym (w danej chwili) [kg]

$m_s$  – masa próbki materiału w stanie suchym (kiedy kolejne ważenie w odstępach dobowych nie wykazuje różnic) [kg]

# Nasiąkliwość

zdolność pochłaniania wody przez materiał przy ciśnieniu atmosferycznym

- nasiąkliwość wagowa
- nasiąkliwość objętościowa

# Nasiąkliwość wagowa (masowa)

stosunek masy wchłoniętej wody do masy próbki materiału suchego

$$n_w = \frac{m_n - m_s}{m_s} 100\%$$

$m_n$  – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą [kg]

$m_s$  – masa próbki materiału w stanie suchym (kiedy kolejne ważenie w odstępach dobowych nie wykazuje różnic) [kg]

# Nasiąkliwość objętościowa

stosunek masy wchłoniętej wody do objętości próbki materiału suchego.

$$n_o = \frac{m_n - m_s}{V} 100\%$$

$m_n$  – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą [kg]

$m_s$  – masa próbki materiału w stanie suchym (kiedy kolejne ważenie w odstępach dobowych nie wykazuje różnic) [kg]

$V$  – objętość próbki materiału suchego [m<sup>3</sup>]

# Zależność między nasiąkliwością objętościową a masową

$$\frac{n_0}{n_w} = \frac{m_n - m_s}{V} : \frac{m_n - m_s}{m_s} = \frac{m_s}{V} = \rho_0$$

$$n_0 = n_w \rho_0$$



sposób nasycenia materiału zależy przede wszystkim od rodzaju materiału

maksymalne wartości nasiąkliwości osiąga wówczas, gdy nasycenie odbywa się w próżni

zwykle nasiąkliwość materiałów budowlanych jest mniejsza od porowatości wynika to z faktu, że woda nie jest w stanie dostać się do wnętrza porów zamkniętych, a w przypadku porów o dużych średnicach nie wypełnia ich tylko nawilża ścianki

# Higroskopijność

- zdolność do szybkiego wchłaniania przez materiał pary wodnej z otaczającego powietrza
- zależy od wilgotności względnej powietrza i właściwości materiału
- zazwyczaj wilgotność materiału jest większa od wilgotności otoczenia
- najbardziej higroskopijnym materiałem jest chlorek wapnia
- najmniej higroskopijnym materiałem jest ceramika

# Szybkość wysychania (odparowania)

- zdolność wydzielania w odpowiednich warunkach wody do otoczenia
- zmniejszenie wilgotności
- wzrost temperatury
- ruchy powietrza
- w wyniku wysychania w odpowiednim czasie (ok. 1 rok) od wybudowania ustala się równowaga między wilgotnością konstrukcji i powietrza
- stan równowagi w stanie powietrzno–suchym
  - beton kom – wilgotność 8%
  - ceramika 1%

# Kapilarność (włoskowatość)

- zdolność podciągania wody przez kapilary ku górze
- w materiałach budowlanych rurki utworzone z porów można uważać za kapilary–rurki o bardzo małej średnicy im średnica mniejsza tym wysokość kapilarnego podciągania większa
- podciąganie kapilarne w gruncie
- podciąganie kapilarne materiałów budowlanych





*Fot.. 3: Krystalizacja soli na powierzchni ściany ceglanej pokrytej warstwą gipsowego tynku. Siła krystalizacji powoduje zniszczenie wewnętrznej struktury powłoki gipsowej, co skutkuje powstaniem nierównej powierzchni.*

# Przesiākliwośc

- podatnośc materiału na przepuszczanie wody pod ciśnieniem
- wyraża się ilością wody w gramach, która w ciągu godziny przenika przez  $1\text{ cm}^2$  powierzchni próbki materiału

# Stopień nasycenia

stosunek nasiąkliwości materiału do porowatości materiału

$$n = \frac{n_0}{P}$$

$n_0$  – nasiąkliwość materiału [%]

$P$  – porowatość [%]



# Przepuszczalność gazów

- zaplanowana właściwość materiałów budowlanych stosowanych głównie w budownictwie mieszkaniowym i użyteczności publicznej – naturalne "oddychanie" ścian
- zależy od:
  - porowatości materiałów
  - rodzaju porów
  - stopnia zawilgocenia

# Mrozoodporność

- przeciwstawianie się materiału całkowicie nasyconego wodą zniszczeniu jego struktury przy wielokrotnych naprzemiennych cyklach zamrażania i odmrężania
- podczas zamarzania woda w porach zwiększa swoją objętość o ok. 10%

**Mrozoodporność** – odporność materiału na cykliczne zamrażanie i odmrażanie. Stopień mrozoodporności przyjmuje się na podstawie wskaźnika N, oznaczającego liczbę cykli zamrażania i rozmrażania. Jest on spełniony, jeśli po odpowiedniej liczbie cykli próbka nie wykazuje pęknięć, masa ubytków (zniszczone krawędzie, odpryski) nie przekracza 5%, a obniżenie wytrzymałości na ściskanie w stosunku do próbek niezamrażanych jest nie większe niż 20%.

## Wartość gęstości i współczynnika rozszerzalności liniowej dla wody

Temperatura [°C]	Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Współczynnik rozszerzalności liniowej $\alpha \times 10^{-6}$ [1/K]
-20	0,99349	678,48
-18	0,99474	580,83
-16	0,99581	495,74
-14	0,99672	420,85
-12	0,99749	354,33
-10	0,998137	294,73
-9	0,998417	267,18
-8	0,998671	240,90
-7	0,998899	215,94
-6	0,999102	192,06
-5	0,999283	169,22
-4	0,999441	147,34
-3	0,999576	126,36
-2	0,999694	106,2
-1	0,999790	86,81
0	0,999868	68,14

# Badanie mrozoodporności

- próbkę całkowicie nasączona wodą poddaje się wielokrotnemu zamarzaniu i tajaniam w temperaturze:  $-20^{\circ}\text{C}$   $+20^{\circ}\text{C}$
- oznaczenie mrozoodporności polega na:
  - stwierdzeniu, czy nie nastąpiło wykruszenie, pęknięcie, odłupanie, rozwarstwienie, rysy, uszkodzenie naroży i krawędzi
  - określeniu procentowej straty masy
  - określeniu współczynnika odporności na zamrażanie

# Określenie procentowej straty masy

$$S = \frac{m_n - m_2}{m_s}$$

$m_n$  – masa próbki materiału w stanie nasycenia wodą przed badaniem [kg]

$m_2$  – masa próbki w stanie nasycenia wodą po badaniu [kg]

$m_s$  – masa próbki materiału w stanie suchym

# Okreslenie współczynnika odporności na zamarzanie

$$W_z = \frac{R_{cn2}}{R_{cn1}}$$

- $R_{cn1}$  – wytrzymałość na ściskanie próbki materiału w stanie nasycenia woda przed badaniem [MPa]
- $R_{cn2}$  – wytrzymałość na ściskanie próbki materiału w stanie nasycenia woda po badaniu [MPa]

























# Skurcz

- zmiana objętości lub wymiarów liniowych materiału wilgotnego podczas:
  - wysychania
    - drewno
    - materiały koloidalne– glina
  - twardnienia
    - beton
    - zaprawy
  - oziębienia
    - materiały organiczne

# Odporność na korozję

- niezamierzone procesy chemiczne lub elektrochemiczne w wyniku oddziaływania środowiska zewnętrznego lub reakcji między składnikami materiału zmieniające niekorzystnie jego właściwości i przydatność funkcjonalną
- skutkiem procesów korozyjnych może być zmiana połysku, barwy, zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej, powstanie wykwitów na powierzchni, zarysowań, pęknięć, całkowite zniszczenie materiału charakter chemiczny materiałów decyduje o ich odporności lub wrażliwości na określone czynniki chemiczne







# Odporność na starzenie

- proces zmian właściwości w funkcji czasu
- destrukcje wywołują czynniki atmosferyczne;
- ciepło, światło, powietrze, promieniowanie ultrafioletowe

# Rozszerzalność cieplna

- pod wpływem zmian temperatury zmieniają się wymiary liniowe materiału
- współczynnik rozszerzalności liniowej -  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T} [1/K]$$

- współczynnik rozszerzalności objętościowej -  $\beta$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} [1/K]$$

# Współczynnik rozszerzalności liniowej – $\alpha$

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T} [1/K]$$

- $\Delta l = l_T - l_0$  – przyrost bezwzględny długości próbki materiału [m]
- $l_0$  – długość pierwotna próbki materiału [m]
- $l_T$  – długość próbki po podgrzaniu o  $\Delta T$  [K]
- $\Delta T$  – przyrost temperatury [K]

# Współczynnik rozszerzalności objętościowej $-\beta$

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} [1/K]$$

- $\Delta V = V_T - V_0$  – przyrost bezwzględny objętości próbki materiału [ $m^3$ ]
- $V_0$  – objętość pierwotna próbki materiału [ $m^3$ ]
- $V_T$  – objętość próbki po podgrzaniu o  $\Delta T$  [K]
- $\Delta T$  – przyrost temperatury [K]

# Przewodność cieplna

- zdolność materiału do przewodzenia strumienia cieplnego powstałego na skutek różnicy temperatur na powierzchniach materiału
- współczynnik przewodności cieplnej –  $\lambda$  określa ilość ciepła przechodzącą przez powierzchnię  $1\text{ m}^2$  ciała, o grubości  $1\text{ m}$  w ciągu sekundy, przy różnicy temperatur po obu stronach przegrody  $1\text{ K}$

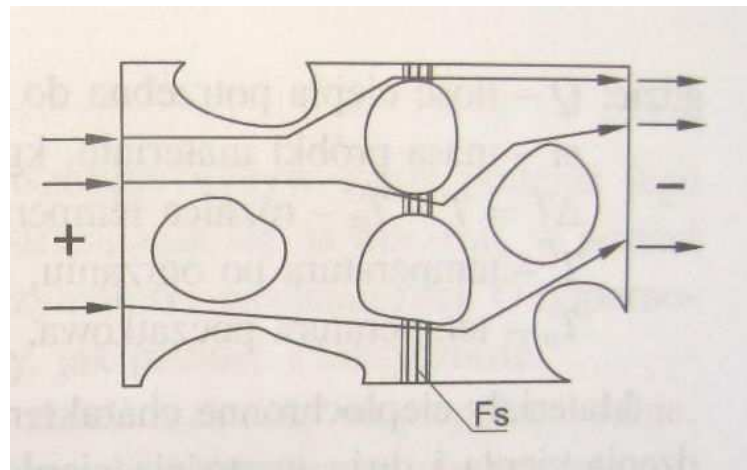
# Ciepło

$$Q = \lambda \frac{F \Delta T t}{g} \quad \lambda = \frac{Qg}{F \Delta T t} \text{ [W / (mK)]}$$

- Q – ilość ciepła potrzebna do ogrzania materiału o 1 K [J]
- g – grubość materiału [m]
- F – powierzchnia materiału [m<sup>2</sup>]
- ΔT – różnica temperatur [K]
- t – czas przepływu [h]

- wartość współczynnika  $\lambda$  zależy:
  - zawartości porów w materiale
  - wilgotności materiału

$$\lambda = \sqrt{0,0196 - 0,22\rho_0^2} - 0,14$$



# Pojemność cieplna

- zdolność do pochłaniania i kumulowania ciepła w czasie jego ogrzewania
- miarą jest ilość ciepła potrzebna do ogrzania  $1 \text{ m}^3$  materiału o  $1 \text{ K}$

$$V_c = c\rho_0 [\text{J}/\text{m}^3\text{K}]$$

- $c$  – ciepło właściwe [ $\text{J}/\text{kg K}$ ]
- $\rho_0$  – gęstość objętościowa [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]



# Ciepło właściwe

- ilość ciepła jaka potrzebna jest do ogrzania materiału o masie 1kg o 1K

$$Q = cm\Delta T \quad [\text{J}] \quad c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad [\text{J/kgK}]$$

- $Q$  – ilość ciepła potrzebna do ogrzania o 1 K [J]
- $m$  – masa próbki [kg]
- $\Delta T = T - T_0$  różnica temperatur [K]
- $T$  – temperatura po podgrzaniu [K]
- $T_0$  – temperatura początkowa [K]

# Żaroodporność

odporność materiału na działanie podwyższonej temperatury (do 350 °C) działającej cyklicznie

# Żarowytrzymałość

zdolność materiału  
do zachowywania  
w wysokiej temperaturze  
właściwości wyjściowych

# Odporność ogniowa

niepodatność na niszczący wpływ ognia podczas jego samorzutnego rozprzestrzeniania się na materiał w postaci zmian jego:

- struktury
- kształtu
- wytrzymałości mechanicznej

# Palność

- podatność na zapalanie się materiału
- materiały dzielą się na:
  - niepalne – nie zapalają się, nie żarzą i nie zwęglają się
  - zapalne
    - trudno zapalne – zapalają się z trudnością, żarzą się i zwęglają, a usunięcie źródła ognia przerywa proces ich palenia
    - łatwo zapalne – zapalają się w płomieniu lub żarzą, proces ten trwa nawet po usunięciu źródła ognia

# Toksyczność

zdolność materiałów do wydzielania przez nie szkodliwych gazów oparów i dymów w podwyższonych temperaturach





Na zakończenie :  
jeszcze raz kłopoty z wodą















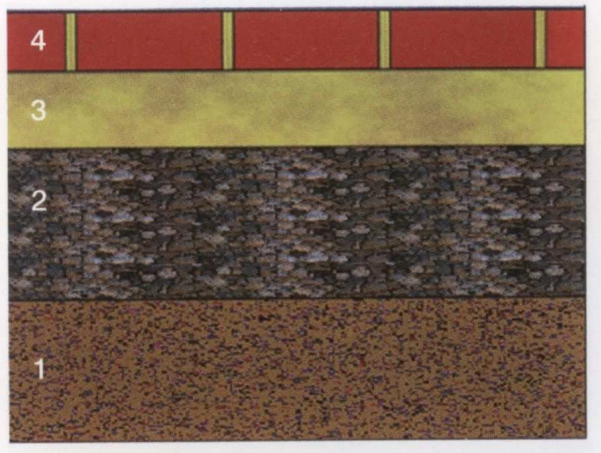








Wierzchnią warstwę ziemi należy wybrać do głębokości ok. 60 cm



1 – zagęszczona ziemia (tylko w przypadku luźnej struktury gruntu)

2 – warstwa nośna:

- gruby żwir
- tłuczeń
- mieszanka piasku i żwiru
- warstwa gr. 40–50 cm zagęszczona i wyrównana

3 – warstwa wyrównująca – piasek lub grys gr. 5 –10cm

4 – kostka brukowa (płyty)