PIELĘGNACJA BETONU LATEM

PORADY NA GORĄCO

HOLCIM

WPROWADZENIE

Europa, w tym Polska, już od wielu lat boryka się z problemem ocieplenia klimatu. Wpływa ono negatywnie zarówno na przyrodę, jak i na człowieka oraz jego funkcjonowanie. Również technologia produkcji i pielęgnacji betonu zmieniła się na przestrzeni ostatnich lat. Coraz wyższe średnie roczne temperatury powietrza oraz wzrost temperatury maksymalnej w okresie letnim, która przekracza +40°C, wymagają od nas stosowania nowych rozwiązań dotyczących, zwłaszcza pielęgnacji betonu, ponieważ w takich warunkach **utrzymanie betonowanych powierzchni w stanie wilgotnym jest ogromnym wyzwaniem**.

TEMPERATURA MIESZANKI BETONOWEJ

Maksymalna temperatura mieszanki betonowej nie została określona w normie betonowej **PN-EN 206+A1:2016-12 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność**, lecz mowa jest o temperaturze minimalnej +5°C. Niemniej jednak funkcjonujące na rynku ogólne specyfikacje techniczne (OST), z uwzględnieniem wyszczególnionych robót budowlanych, mówią o maksymalnej temperaturze mieszanki betonowej na poziomie +35°C.

URABIALNOŚĆ MIESZANKI BETONOWEJ W OKRESIE LETNIM

Podczas letnich betonowań musimy w szczególny sposób zadbać o możliwie najdłuższy czas urabialności mieszanki betonowej. Kwestia dozowania, czy raczej przedozowania wody do mieszanki w tym okresie uwidacznia się nad wyraz często podczas różnych reklamacji dotyczących nagłego spadku wytrzymałości betonu na ściskanie.

DO METOD, KTÓRE WYDŁUŻĄ NAM URABIALNOŚĆ, MOŻEMY ZALICZYĆ:

Zastosowanie domieszki opóźniającej

Zastosowanie domieszki opóźniającej musi zostać poparte wykonaniem prób technologicznych i określeniem jej kompatybilności z pozostałymi składnikami. Niemniej jednak wraz ze zwiększaniem ilości domieszki wydłuża się czas urabialności mieszanki. Dłuższe (wolniejsze) dojrzewanie betonu wskutek opóźnienia wiązania domieszką opóźniającą powoduje wzrost wytrzymałości końcowej względem betonu z dodatkiem tylko superplastyfikatora.

Zastosowanie cementu popiołowego lub żużlowego z grupy CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V

Zastosowanie cementu portlandzkiego popiołowego lub żużlowego opóźnia proces wiązania cementu i wydłuża proces wydzielania ciepła podczas jego hydratacji. Dodatkowo norma **PN-B-06265:2017 Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08:Beton** zaleca, aby rozładunek betonomieszarek odbywał się do 90 minut od momentu pierwszego kontaktu wody z cementem podczas pierwszego zarobu na węźle.

Według normy **PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji betonowych** najwyższa temperatura dojrzewającego betonu wewnątrz elementu, który narażony jest na działanie warunków wilgotnych lub cyklicznego zwilżania, nie powinna przekraczać +70°C. Musimy zminimalizować narastającą temperaturę, gdyż mogą pojawić się mikropęknięcia, które obniżą nam parametry stwardniałego betonu, w tym głównie wytrzymałość na ściskanie.

DOŚWIADCZENIE LABORATORYJNE

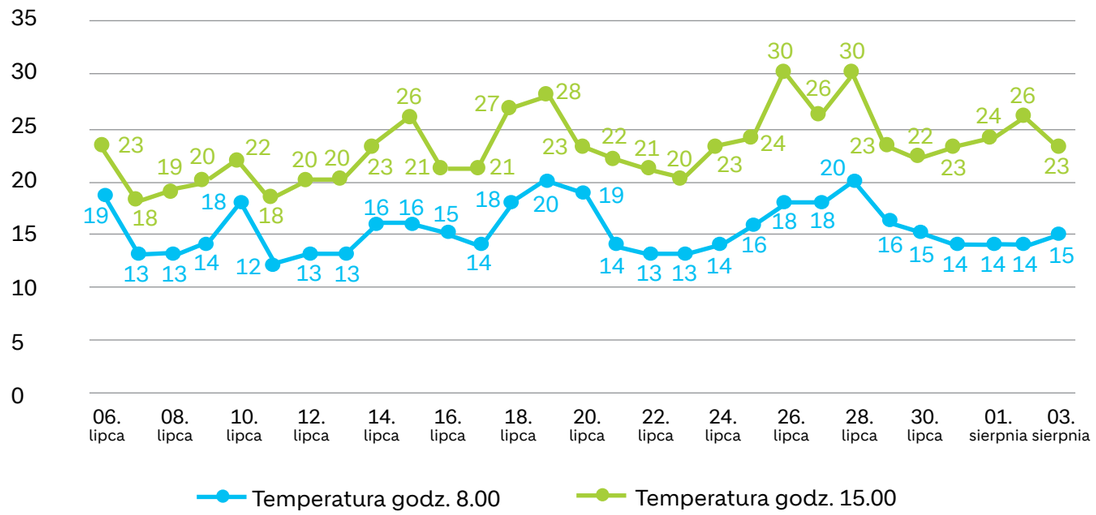
Celem doświadczenia było zbadanie wytrzymałości na ściskanie dla próbek betonowych wykonanych i pielęgnowanych w warunkach laboratoryjnych oraz dla próbek przechowywanych na zewnątrz, w warunkach letnich, w okresie 6.07–3.08.2020 r.
Założeniem było wykonanie wszystkich próbek z jednego zarobu betonowego i wystawienie części na zewnątrz laboratorium w celu obserwacji przyrostu wytrzymałości bez pielęgnacji.

Zaroby betonowe wykonano według receptury:

SKŁADNIKI	ILOŚĆ [kg/m³]
CEM V/A (S-V) 42,5 N-LH/HSR/NA	320
Popiół lotny krzemionkowy	769
Kruszywo 0–2 mm	532
Kruszywo 2–8 mm	532
Kruszywo 8–16 mm	552
Woda całkowita	165
Domieszka chemiczna	1,80

DATA BADANIA	WIEK PRÓBKI	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE [MPA]	
		Próbki przechowywane na zewnątrz	Próbki przechowywane w warunkach laboratoryjnych (temp. 20°C, wilgotność 95%)
7.07.2020	R1	21,6	14,8
8.07.2020	R2	26,4	18,7
13.07.2020	R7	28,1	24,7
20.07.2020	R14	30,2	29,3
3.08.2020	R28	33,5	38,6

Rozkład temperatury w okresie badania



Podsumowanie doświadczenia w laboratorium:

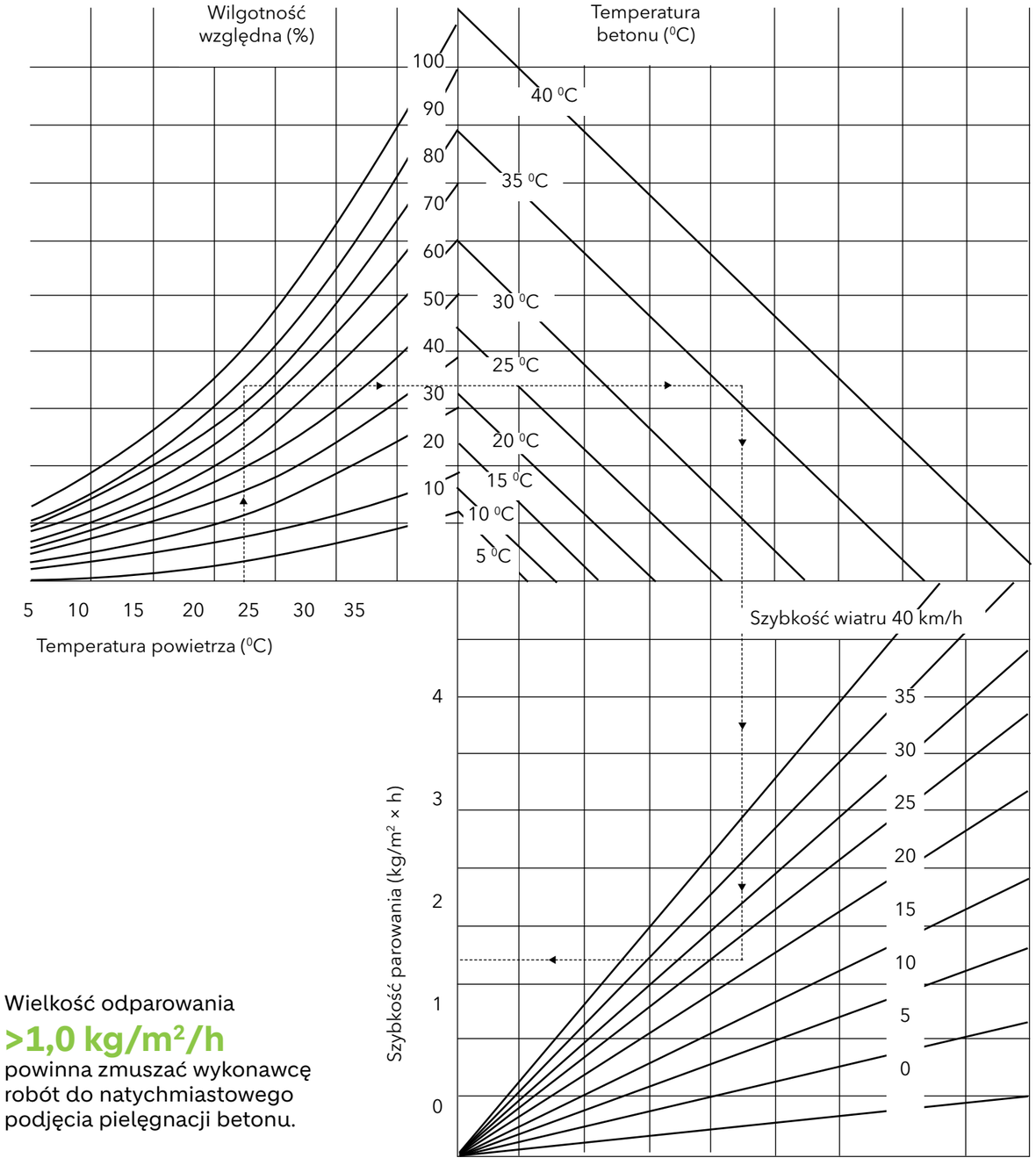
Wytrzymałość na ściskanie po 1 dniu dla próbek przechowywanych na zewnątrz była wyższa niż dla próbek w laboratorium. Spowodowane to było szybkim odparowaniem wody z tych próbek, co z kolei przełożyło się na skrócenie procesu hydratacji cementu i przyrost wytrzymałości wczesnej. Natomiast próbki przechowywane w warunkach laboratoryjnych, w komfortowych warunkach wilgotnościowych, nadal dojrzewały bez zakłóceń.

Po 28 dniach dojrzewania próbki przechowywane w warunkach laboratoryjnych uzyskały wytrzymałości wyższe niż próbki przechowywane na zewnątrz. Proces hydratacji dla próbek zewnętrznych został maksymalnie skrócony przez brak odpowiedniej ilości wody na początku dojrzewania betonu. Tracimy tutaj co najmniej jedną klasę wytrzymałości betonu na ściskanie.

Na podstawie uzyskanych wyników widać wyraźnie, że **wysoka temperatura i wilgotność**, która na zewnątrz podczas badania wahała się od **35% do 95%,** ma **wpływ na wytrzymałość betonu.**
Taki wpływ temperatury będziemy obserwować w **elementach o dużej długości w porównaniu do szerokości** (np. ściana oporowa, ława fundamentowa), a mniejszy oczywiście w elementach masywnych.

PIELĘGNACJA BETONU

Pielęgnowanie betonu jest określeniem czynności, których celem jest wspomaganie hydratacji cementu, i polega na kontrolowaniu temperatury oraz migracji wilgoci zarówno z betonu, jak i do niego.



Wielkość odparowania
>1,0 kg/m²/h
powinna zmuszać wykonawcę robót do natychmiastowego podjęcia pielęgnacji betonu.

Metody pielęgnacji powinny zapewniać niskie tempo odparowywania wody z powierzchni betonu lub utrzymywać powierzchnię cały czas w stanie wilgotnym.

Należą do nich:

Pozostawienie betonu w deskowaniach **MOŻLIWIE JAK NAJDŁUŻEJ**

PRZYKRYCIE BETONU FOLIĄ, najlepiej bezbarwną lub białą

Pokrycie powierzchni **PREPARATAMI BŁONOTWÓRCZYMI** (żywicznymi lub parafinowymi)

Zalewanie całej powierzchni betonu wodą **i STAŁE UTRZYMYWANIE WARSTWY WODY**

NAWILŻANIE POWIERZCHNI betonu poprzez polewanie i zatrzymanie wody za pomocą mat i włóknin

DODATKOWE METODY POMAGAJĄCE UZYSKAĆ BETON WYSOKIEJ JAKOŚCI W OKRESIE LETNIM

Wykonywanie betonowań w godzinach wczesnoporannych lub późnym wieczorem

Oprócz stosowania cementów o niskim cieple hydratacji, czyli cementów popiołowych lub żużlowych, zaleca się schłodzenie cementu poprzez zmagazynowanie go co najmniej jedną noc przed betonowaniem

Przed betonowaniem zabezpieczenie deskowania i zbrojenia przed nadmiernym nagrzaniem poprzez przykrywanie jasnymi matami

Używanie odpowiedniego sprzętu – bęben betonomieszarki powinien być możliwie w jasnym kolorze, odbijającym promienie słoneczne

WYCIĄG Z NORMY PN-EN 13670

8.2. Roboty przygotowawcze

1. Plan betonowania należy przygotować, jeśli jest to wymagane w specyfikacji wykonawczej.

2. Wstępne badanie robót betoniarskich przez próbne betonowanie przeprowadza się, jeżeli jest wymagane przez specyfikację projektową. Wyniki tych badań powinny być udokumentowane przed rozpoczęciem prac.

3. Wszystkie prace przygotowawcze powinny być zakończone, skontrolowane i udokumentowane zgodnie z wymaganiami dla właściwej klasy kontroli przed rozpoczęciem betonowania.

4. Złącza konstrukcyjne powinny być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w specyfikacji wykonawczej: powinny być czyste, bez mleczka cementowego, zwilżone do stanu wilgotnego.

5. Zaleca się, aby deskowanie było nieuszkodzone, wolne od lodu, śniegu i stojącej wody.

6. Jeżeli mieszankę betonową układa się bezpośrednio na podłożu gruntowym, należy ją zabezpieczyć przed zmieszaniem z gruntem.

7. Jeżeli istnieje ryzyko, że deszcz lub inna woda opadowa może wymywać cement i drobne frakcje kruszywa z mieszanki betonowej w trakcie betonowania, należy zaplanować środki ostrożności w celu zabezpieczenia betonu przed uszkodzeniami.

8. Grunt, skała, deskowanie lub elementy konstrukcyjne stykające się z miejscem przeznaczonym do betonowania powinny mieć temperaturę, która nie spowoduje zamarzania betonu przed osiągnięciem przez niego wytrzymałości zapewniającej odporność na zamarzanie.

8.5. Pielęgnacja i ochrona

1. Młody beton powinien być pielęgnowany i chroniony:
a) aby zminimalizować skurcz plastyczny;
b) aby zapewnić odpowiednią wytrzymałość powierzchniową;
c) przed szkodliwymi warunkami atmosferycznymi;
d) przed zamarzaniem;
e) przed szkodliwymi drganiami lub uszkodzeniami.

2. Jeżeli beton w początkowym okresie dojrzewania wymaga ochrony przed szkodliwym kontaktem z czynnikami agresywnymi (np. chlorkami), takie wymagania powinny być określone w specyfikacji wykonawczej.

3. Metody pielęgnacji powinny zapewniać małą szybkość odparowywania wody z powierzchni betonu lub utrzymywać tę powierzchnię stale wilgotną; odpowiednie wytyczne podano w Załączniku F. Pielęgnacja naturalna jest wystarczająca, jeśli warunki podczas wymaganego okresu pielęgnacji zapewniają małą szybkość parowania z powierzchni betonu (np. wilgotna, deszczowa lub mglista pogoda).

4. Po zagęszczeniu i wykończeniu powierzchni betonu, powierzchnia ta powinna być bezzwłocznie poddana pielęgnacji. W razie konieczności ochrony swobodnej powierzchni przed powstawaniem rys związanych ze skurczem plastycznym, przed wykończeniem powierzchni należy zastosować pielęgnację tymczasową.

5. Jeżeli stosuje się beton z małą skłonnością do wydzielania nadmiaru wody, np. beton o wysokiej wytrzymałości i beton samozagęszczalny, należy poświęcić szczególną uwagę ochronie przed rysami zawiązanymi ze skurczem plastycznym. Dotyczy to również betonowania w warunkach atmosferycznych, które mogą spowodować silne parowanie, jak na przykład upał, wiatr oraz chłodne i suche powietrze.

6. Czas trwania pielęgnacji zależy od rozwoju właściwości betonu w strefie powierzchniowej. Rozwój właściwości betonu jest opisany klasami pielęgnacji, określonymi przez czas pielęgnacji lub procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach, zgodnie z Tablicą 4.

7. Planowana do zastosowania klasa pielęgnacji powinna być określona w specyfikacji wykonawczej.

8. Dopuszcza się, aby specjalne wymagania w zakresie pielęgnacji (wyższe niż 70%) były podane w specyfikacji wykonawczej.

9. Zalecenia dotyczące metod pielęgnacji i minimalny czas pielęgnacji są podane w informacyjnym Załączniku F.

10. Niedopuszczalne jest stosowanie komponentów pielęgnacyjnych na złączach konstrukcyjnych, na powierzchniach, które mają być poddane obróbce, lub na powierzchniach, gdzie wymagana jest przyczepność innych materiałów, o ile związki te nie zostaną usunięte w całości przed następną operacją lub ustalono, że nie mają one szkodliwego wpływu na następne operacje.

11. Nie należy stosować środków pielęgnacyjnych na powierzchniach, których dotyczą specjalne wymagania odnośnie do wykończenia, o ile nie zostało wykazane, że nie wywierają one szkodliwego wpływu.

12. Temperatura powierzchni betonu nie powinna spadać poniżej 0°C dopóki wytrzymałość na ściskanie w warstwie powierzchniowej betonu nie osiągnie wartości co najmniej 5 MPa.

13. Jeżeli nie określono inaczej, najwyższa temperatura betonu wewnątrz elementu użytkowanego w warunkach wilgotnych lub cyklicznego zwilżania, nie powinna przekraczać 70°C, o ile nie wykazano, że przy zastosowanych materiałach wyższa temperatura nie będzie miała znacząco szkodliwego wpływu na właściwości betonu.

UWAGA! Jeżeli beton jest narażony na działanie wysokiej temperatury przez pewien czas w początkowym okresie dojrzewania, może wystąpić opóźnione powstawanie etryngitu, w zależności od wilgotności i składu mieszanki betonowej (zawartość alkaliów, skład chemiczny cementu, stosowanie dodatków itp.).

14. Wymagania dotyczące przyspieszonej pielęgnacji za pomocą ogrzewania zewnętrznego lub wewnętrznego nie są ujęte w niniejszej normie.

15. Jeżeli stosuje się pielęgnację za pomocą wysokiej temperatury, należy uwzględnić możliwy ubytek wytrzymałości.

16. Specyfikacja wykonawcza może zawierać wymagania dotyczące ograniczenia możliwości spękań termicznych młodego betonu (np. stosowanie betonu o niskim cieple hydratacji, rur chłodzących, izolacji, itp.).

Tablica 4. Klasy pielęgnacji

	1. klasa pielęgnacji	2. klasa pielęgnacji	3. klasa pielęgnacji	4. klasa pielęgnacji
Czas (godziny)	12	NA	NA	NA
Procent wymaganej wytrzymałości charakterystycznej na ściskanie po 28 dniach	Nie stosuje się (NA)	35%	50%	70%

* Pod warunkiem, że wiązanie nie trwa dłużej niż 5 h, a temperatura powierzchni betonu wynosi ≥5°C

Źródło: Wyciąg z normy PN-EN 13670

Tablica F.1. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 2 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 35% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

Temperatura powierzchni betonu (t), °C	Minimalny okres pielęgnacji, dni[a]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie[c,d]		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	szybki, r ≥0,50	średni, 0,50 > r ≥0,30	wolny, 0,30 > r ≥0,15
t ≥25	1,0	1,5	2,5
25 > t ≥15	1,0	2,5	5
15 > t ≥10	1,5	4	8
10 > t ≥5[b]	2,0	5	11

[a] Plus każdy okres wiązania przekraczający 5 h.
[b] Przy temperaturze poniżej 5°C czas trwania powinien być wydłużony o czas, w którym temperatura wynosi poniżej 5°C.
[c] Rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, wyznaczonych w badaniach wstępnych lub na podstawie znanych właściwości betonu o porównywalnym składzie (patrz EN 206-1).
[d] W przypadku bardzo powolnego rozwoju wytrzymałości betonu szczególne wymagania powinny być podane w specyfikacji wykonawczej.

Źródło: Wyciąg z normy PN-EN 13670

Tablica F.2. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 3 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 50% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

Temperatura powierzchni betonu (t), °C	Minimalny okres pielęgnacji, dni[a]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie[c,d]		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	szybki, r ≥0,50	średni, 0,50 > r ≥0,30	wolny, 0,30 > r ≥0,15
t ≥25	1,5	2,5	3,5
25 > t ≥15	2,0	4	7
15 > t ≥10	2,5	7	12
10 > t ≥5[b]	3,5	9	18

[a] Plus każdy okres wiązania przekraczający 5 h.
[b] Przy temperaturze poniżej 5°C czas trwania powinien być wydłużony o czas, w którym temperatura wynosi poniżej 5°C.
[c] Rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, wyznaczonych w badaniach wstępnych lub na podstawie znanych właściwości betonu o porównywalnym składzie (patrz EN 206-1).
[d] W przypadku bardzo powolnego rozwoju wytrzymałości betonu szczególne wymagania powinny być podane w specyfikacji wykonawczej.

Źródło: Wyciąg z normy PN-EN 13670

Tablica F.3. Minimalny okres pielęgnacji dla klasy pielęgnacji 4 (w odniesieniu do powierzchniowej wytrzymałości betonu równej 70% określonej wytrzymałości charakterystycznej)

Temperatura powierzchni betonu (t), °C	Minimalny okres pielęgnacji, dni[a]		
	Rozwój wytrzymałości na ściskanie[c,d]		
	$(f_{cm2}/f_{cm28}) = r$		
	szybki, r ≥0,50	średni, 0,50 > r ≥0,30	wolny, 0,30 > r ≥0,15
t ≥25	3	5	6
25 > t ≥15	5	9	12
15 > t ≥10	7	13	21
10 > t ≥5[b]	9	18	30

[a] Plus każdy okres wiązania przekraczający 5 h.
[b] Przy temperaturze poniżej 5°C czas trwania powinien być wydłużony o czas, w którym temperatura wynosi poniżej 5°C.
[c] Rozwój wytrzymałości betonu jest mierzony stosunkiem średniej wytrzymałości na ściskanie po 2 dniach do średniej wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach, wyznaczonych w badaniach wstępnych lub na podstawie znanych właściwości betonu o porównywalnym składzie (patrz EN 206-1).
[d] W przypadku bardzo powolnego rozwoju wytrzymałości betonu szczególne wymagania powinny być podane w specyfikacji wykonawczej.

Źródło: Wyciąg z normy PN-EN 13670

HOLCIM POLSKA S.A.
Biuro Zarządu: Al. Jerozolimskie 142B
02-305 Warszawa
tel.: 22 324 60 00
faks: 22 324 60 05
www.holcim.pl

HOLCIM