



HILTI BX 3-SCT TEST INSTRUCTIONS

WPROWADZENIE

Niniejsza instrukcja zawiera wprowadzenie i opis nowego systemu Hilti BX 3-SCT stosowanego do wyznaczania wytrzymałości na ściskanie młodego betonu natryskiwanego.

System BX3-SCT zastępuje aktualnie stosowany system Hilti DX 450-SCT wykorzystywany do tego celu przez wiele lat. W przeciwieństwie do DX 450-SCT, system BX3-SCT wykorzystuje nową technologię osadzaka akumulatorowego i nie wymaga użycia naboju. System BX 3-SCT nie wymaga również wrywania kołków, co umożliwi rozszerzenie zakresu stosowania procedury dla wytrzymałości betonu od około 1 N/mm².

Dla systemu BX3-SCT została wyznaczona doświadczalnie nowa krzywa kalibracyjna. Badania doświadczalne zostały wykonane na Wydziale inżynierii lądowo-wodnej w OTH-Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Uniwersytet Nauk Stosowanych w Ratzbonie) w Niemczech. Instrukcje badań zostały opracowane przez Hilti Corporation we współpracy z prof. Charlottą Thiel oraz prof. Wolfgangiem Kusterle z OTH-Regensburg.

Ważna uwaga dotycząca systemu DX 450-SCT: Hilti zakończy sprzedaż nowych osadzaków

DX 450-SCT, przy czym będzie kontynuować świadczenie usług serwisowych dla narzędzi dostępnych obecnie na rynku. Ponadto, kołki i naboje wymagane dla metody osadzania kołków DX 450-SCT będą nadal dostępne, umożliwiając użycie metody DX 450-SCT z narzędziami obecnie dostępnymi na rynku.

Grudzień 2021

SPIS TREŚCI

1	WYTRZYMAŁOŚĆ BETONU NATRYSKIWANEGO	4
1.1	Definicje i klasy wytrzymałości „wczesnej” betonu natryskwanego	4
1.2	Metody badania wytrzymałości „wczesnej” betonu natryskwanego.....	5
1.3	Częstotliwość badania.....	6
2	METODA OSADZANIA KOŁKA BX 3-SCT	7
2.1	Aparatura badawcza	7
2.2	Funkcje BX 3-SCT i porównanie z DX 450-SCT.....	8
2.3	Etapy badania i szacowanie wytrzymałości	9
2.4	Przegląd mieszanek betonowych stosowanych podczas kalibracji.....	12
3	LITERATURA I ZAŁĄCZNIKI.....	13
3.1	Literatura i dane techniczne	13
3.2	Załączniki.....	13

1. WYTRZYMAŁOŚĆ BETONU NATRYSKIWANEGO

1.1 Definicje i klasy wytrzymałości

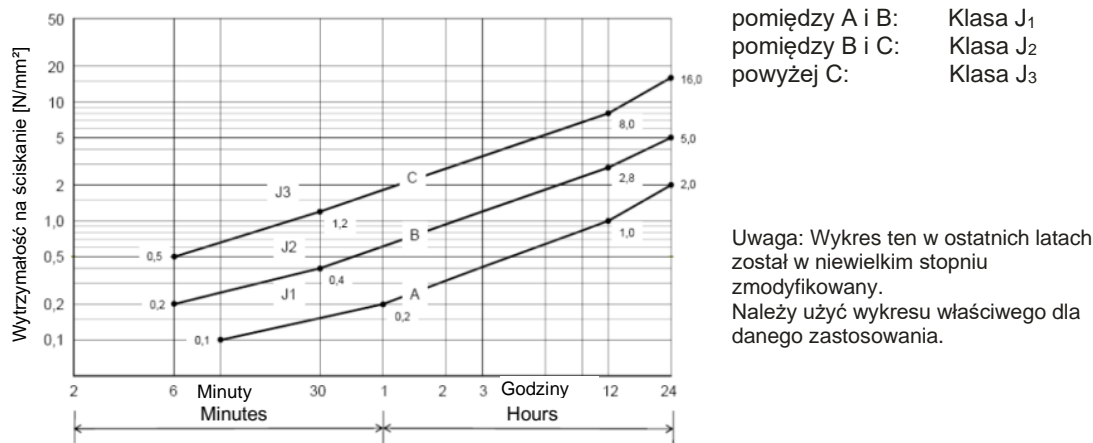
Beton natryskiwany (SpC) Beton wytwarzany z użyciem podstawowej mieszanki i nanoszony metodą pneumatyczną z dużą prędkością za pomocą dyszy umożliwiającej wytwarzanie gęstej, jednorodnej masy.

Młody beton natryskiwany Beton natryskiwany w okresie ostatnich 24 godzin.

Wytrzymałość „wczesna” Wytrzymałość na ściskanie „młodego” betonu natryskiwanego. Wymagania dotyczące wytrzymałości tego betonu są oznaczone jako klasy wytrzymałości „wczesnej” J₁, J₂ i J₃.

W konstrukcji tuneli, grube warstwy betonu natryskiwanego są nanoszone na powierzchni stropów lub ścian pionowych. Tym samym, wymagane jest użycie betonu natryskiwanego o dużej szybkości wiązania i wysokiej wytrzymałości wczesnej. W celu osiągnięcia tych wartości, stosowane są specjalne spoiwa lub spoiwa na bazie cementu, często w połączeniu z dodatkowymi materiałami cementytowymi i dodatkami przyspieszającymi wiązanie.

W zależności od metody wykonywania tuneli oraz rodzaju skały, wymagane są różne klasy wytrzymałości wczesnej betonu natryskiwanego. Ze względów bezpieczeństwa, wymagana jest weryfikacja wytrzymałości wczesnej z użyciem metody badania o wymaganej dokładności. Podstawowe klasy wytrzymałości wczesnej J₁ - J₃ zostały zdefiniowane w wytycznych ÖBV¹⁾ „Beton natryskiwany” [1] oraz normie EN 14487-1 [2].



Rys. 1: Klasy wytrzymałości wczesnej młodego betonu natryskiwanego [1]

¹⁾ ÖBV – Österreichische Bautechnik Vereinigung (austriackie stowarzyszenie technologii budowlanej), www.bautechnik.pro

1.2 Metody badania wytrzymałości wczesnej

Bezpośredni pomiar wytrzymałości wczesnej na próbkach nie jest możliwy ze względu na brak możliwości równomiernego natryskiwania próbek o kształcie sześcianu lub innych kształtach. Ze względu na surowe warunki panujące podczas konstrukcji tuneli, stosowane mogą być wyłącznie niezawodne metody pomiarowe. Konieczne jest spełnienie następujących wymagań: Łatwe w użyciu, szybkie, wielokrotne zastosowanie w dowolnym miejscu w tunelu, umożliwiające pomiary na nierównych powierzchniach, bez względu na zbrojenie włóknom.

Stosowane są dwie metody badania:

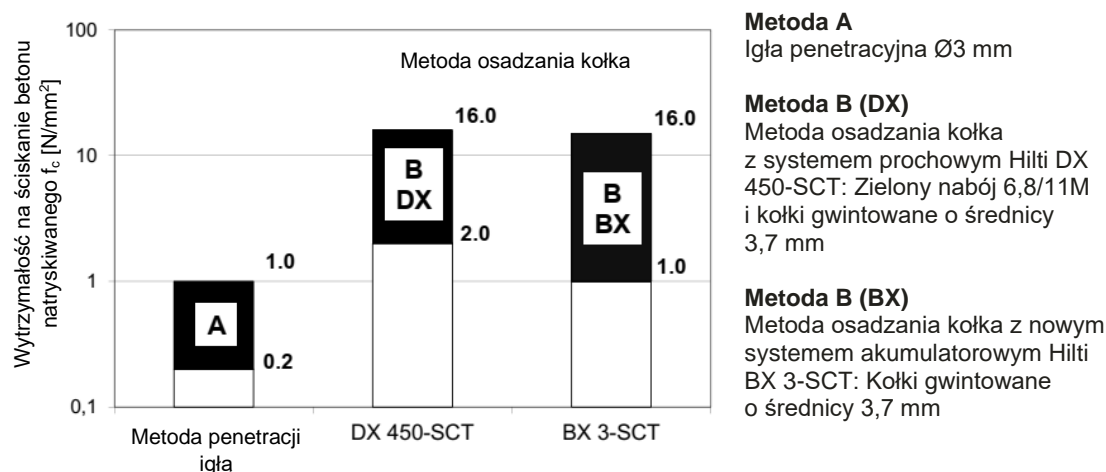
- Metoda penetracji igłą
- Metoda osadzania kołka

Obie metody wykorzystują pośrednie podejście do osadzania elementu penetrującego o niewielkiej grubości w betonie oraz zostały sprawdzone w praktycznych zastosowaniach na całym świecie.

Metoda penetracji igłą wykorzystuje igłę o średnicy $3 \pm 0,1$ mm osadzaną penetrometrem igłowym w młodym betonie natrykiwanym. Podczas badania rejestrowana jest siła wymagana do osadzenia igły na głębokość 15 ± 2 mm w betonie natrykiwanym. Badanie jest stosowane do wyznaczania początkowej wytrzymałości wczesnej do około $1,0$ N/mm².

Metoda osadzania kołka wykorzystuje gwintowany kołek osadzany z wymaganym naciskiem w betonie za pomocą osadzaka. Metoda osadzania kołka została opracowana w 1984 roku przez prof. dr Wolfganga Kusterle z Uniwersytetu w Innsbrucku w Austrii [5]. Metoda Hilti DX 450-SCT została uwzględniona w wytycznych ÖBV „Beton natrykiwany” w latach 90 ubiegłego wieku [1]. Metoda osadzania kołka stanowi również część metody B według normy EN 14488-2 od 2006 roku [4].

Na rys. 2 przedstawiono zakres zastosowań metody penetracji igłą obecnie stosowanego systemu DX 450-SCT oraz nowej metody osadzania kołka BX3-SCT.



Rys. 2: Metody pomiaru i zakres wytrzymałości betonu natrykiwanego

W przypadku metody wykorzystującej zielone naboje Hilti DX 450-SCT, kołki są osadzane, a następnie wyrywane z betonu. Metoda ta może być stosowana z betonem o wytrzymałości od około 2 N/mm² do 16 N/mm². Istotny parametr badania stanowi stosunek siły wyrywającej do głębokości osadzenia łącznika. Historyczna analiza różnych metod badania DX 450 została przedstawiona w [6].

W przypadku nowej metody Hilti BX3-SCT, kołki są wyłącznie osadzane w betonie, a ich wyrywanie nie jest wymagane. Metoda ta może być stosowana z betonem o wytrzymałości od około 1 N/mm² do 16 N/mm². Istotny parametr badania stanowi głębokość osadzenia łącznika¹⁾.

Dla wytrzymałości betonu >10 N/mm², zalecane jest badanie rdzeni pobranych z wiercenia betonu natryskiwanego.

1.3 Częstotliwość badania

Jak podano powyżej, metoda osadzania kołka jest objęta kilkoma specyfikacjami, takimi jak wytyczne ÖBV „Beton natryskiwany” [1]. Wytyczne te obejmują również wymagany poziom oceny zgodności dla betonu natryskiwanego wraz ze sprawdzeniem zgodności z określoną klasą J wytrzymałości wczesnej.

Częstotliwość badania betonu natryskiwanego zależy od określonej kategorii badania UEK I, II lub III, których szczegóły podano w [1]:

Parametr badany	Badanie przed wykonaniem	Ocena zgodności	Kategoria badania UEK I	Kategoria badania UEK II	Kategoria badania UEK III
Klasa wytrzymałości wczesnej	x	x	co 2 miesiące lub co 5000 m ²	raz w miesiącu lub co 2500 m ²	2 razy w miesiącu lub co 1250 m ²

¹⁾ Aktualnie stosowany w OTH-Regensburg program badań [7] obejmuje również badanie korelacji pomiędzy wczesną wytrzymałością a stosunkiem siły do głębokości osadzenia kołków. Wyniki pokazały, że dla systemu BX 3-SCT uwzględnienie samej głębokości osadzenia daje lepszą korelację, szczególnie w zakresie niskiej wytrzymałości wczesnej (1 do 4 N/mm²).

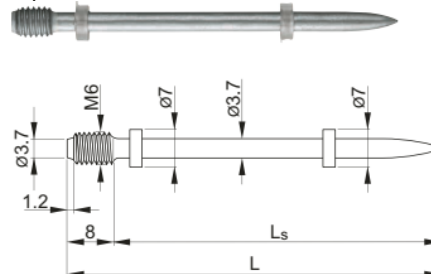
2 METODA OSADZANIA KOŁKA BX 3-SCT

2.1 Aparatura badawcza

Osadzak akumulatorowy Hilti BX 3-SCT



Kołki ze stali węglowej ocynkowanej o średnicy trzpienia 3,7 mm

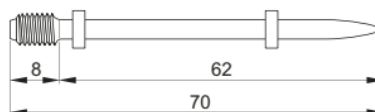


Ls ... długość trzpienia
L ... całkowita długość kołka

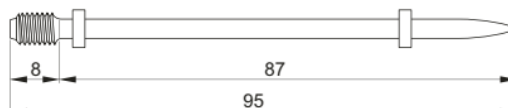
X-M6-8-52 DP7 SCT B3



X-M6-8-62 DP7 SCT B3



X-M6-8-87 DP7 SCT B3



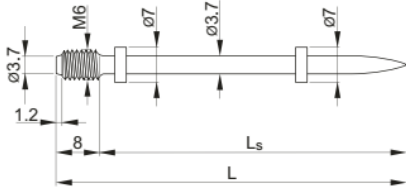
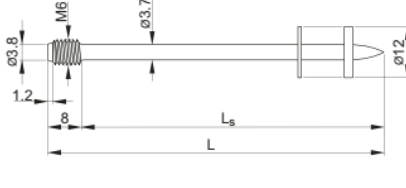
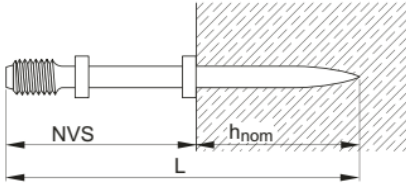
Rys. 3: Aparatura badawcza BX 3-SCT

Uwagi dotyczące oznaczenia kołka:

M6-8 ...	Gwint M6 o długości 8 mm
52, 62 lub 87 ...	Długość trzpienia Ls danego łącznika
60, 70 lub 95 ...	Długość całkowita L danego łącznika
DP7 ...	Podwójna podkładka z tworzywa sztucznego o średnicy zewnętrznej 7 mm
SCT ...	Kołki do badania betonu natryskiwanego
B3 ...	Kołki do stosowania z osadzakiem akumulatorowym BX 3-SCT

Przegląd informacji na temat zamówienia został podany w załączniku 5.

2.2 Funkcje BX 3-SCT i porównanie z DX 450-SCT

Funkcje	Osadzak akumulatorowy BX3-SCT	Osadzak prochowy DX 450-SCT
Zasada osadzania i energia osadzania	Osadzak ze zintegrowanym tłokiem wciskany, który służy do osadzania kołka w betonie. Energia osadzania: energia mechaniczna wywierana przez akumulator. Nie wymaga użycia naboju.	Również obejmuje tłok wciskany, przy czym energia osadzania pochodzi ze spalania materiału chemicznego.
Ustawienie energii osadzaka ¹⁾	Niewymagane. Energia osadzaka jest stała i nie może być regulowana.	Wymagane. Operator musi użyć odpowiedniego naboju i ustawić odpowiednią energię osadzania.
Kołki ²⁾	Kołki M6 o średnicy trzpienia 3,7 mm i trzech długościach trzpienia L_s : 52, 62 i 87 mm. 	Kołki M6 o średnicy trzpienia 3,7 mm i trzech długościach trzpienia L_s : 52, 72 i 95 mm. 
Parametr kalibracji	2 podkładki z tworzywa sztucznego o średnicy 7 mm Kalibracja jest wykonywana poprzez osadzenie łącznika na głębokość h_{nom} [mm].  Wyrwanie kołka nie jest wymagane dla metody osadzania kołka BX 3-SCT.	1 podkładka z tworzywa sztucznego i 1 podkładka metalowa o średnicy 12 mm Kalibracja jest wykonywana poprzez wyznaczenie stosunku siły wrywającej do głębokości osadzenia łącznika N_u/h_{nom} [N/mm], patrz [1], [4], [5], [6].
Krzywe kalibracyjne	Ponieważ energia osadzania BX 3-SCT zależy od długości kołka, wyznaczone zostały dwie indywidualne krzywe kalibracyjne: Krzywa A: X-M6-8-87 DP7 SCT B3 Krzywa B: X-M6-8-52 DP7 SCT B3 i X-M6-8-62 DP7 SCT B3	Kalibracja dotyczy wszystkich długości kołka.

¹⁾ Energia osadzaka: BX 3-SCT: 77 ± 7 J, DX 450-SCT: 96 ± 8 J

²⁾ Użycie kołków DX 450-SCT z osadzakiem BX 3-SCT jest niedopuszczalne i praktycznie niewykonalne, ponieważ łączniki nie są prawidłowo zamocowane w prowadnicy osadzaka BX 3-SCT. Użycie kołków BX 3-SCT z osadzakiem DX 450-SCT również jest niedopuszczalne i praktycznie niewykonalne, ponieważ kołki o średnicy 7 mm nie są prawidłowo zamocowane w osadzaku DX 450-SCT.

2.3 Etapy badania i szacowanie wytrzymałości

Przed rozpoczęciem badania:

Przed wykonaniem badania z użyciem osadzaka BX 3-SCT należy zapoznać się z treścią instrukcji obsługi. Stanowi to wymaganie wstępne zapewniające bezpieczeństwo, bezproblemową obsługę i użycie produktu. Należy przestrzegać wszystkich instrukcji i ostrzeżeń dotyczących bezpieczeństwa podanych w instrukcjach obsługi, które są dostarczane wraz z osadzakiem.

1. Wybrać odpowiedni kołek dla oczekiwanej wytrzymałości betonu.

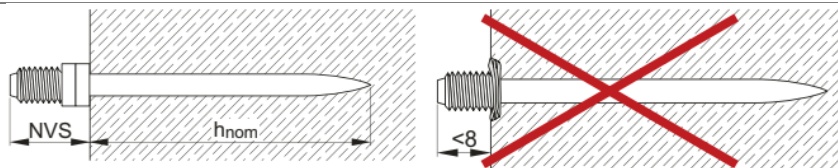
Typ kołka	Zakres wytrzymałości wczesnej $f_c^{1)}$	Uwagi
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	od 1 do 4 N/mm ²	Brak kalibracji powyżej 4 N/mm ²
X-M6-8-52 DP7 SCT B3	od 2 do 16 N/mm ²	W miarę możliwości, można użyć krótszych kołków X-M6-8-52 DP7 SCT B3.
X-M6-8-62 DP7 SCT B3		W przypadku, gdy kołek 52 jest zbyt krótki w dolnym zakresie wytrzymałości betonu, można użyć dłuższego kołka X-M6-8-62 DP7 SCT B3.

¹⁾ Wytrzymałość kostkowa 150 mm

Zwykle należy użyć kołka o najmniejszej możliwej długości.

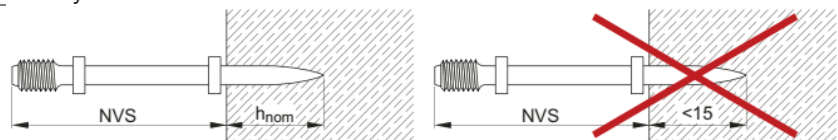
Należy przestrzegać następujących parametrów długości wystawiania i głębokości osadzenia:

Długość wystawiania kołka
NVS ≥ 8 mm



W przypadku, gdy wartość NVS wynosi poniżej 8 mm oraz w przypadku użycia najdłuższego kołka X-M6-8-87 DP7 SCT B3, beton jest nadal zbyt miękki dla metody badania BX 3-SCT.

Osadzanie łącznika
 $h_{nom} \geq 15$ mm



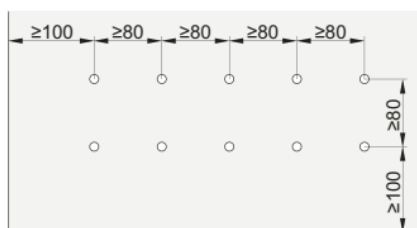
W przypadku, gdy głębokość osadzenia h_{nom} indywidualnych łączników wynosi poniżej 15 mm, beton jest zbyt twardy dla metody badania BX 3-SCT. Minimalna średnia głębokość osadzenia serii 10 kołków powinna wynosić 20 mm, w innym przypadku beton jest zbyt twardy dla metody badania BX 3-SCT.

2. Osadzić 10 kołków osadzakiem akumulatorem BX 3-SCT zgodnie z instrukcją obsługi osadzaka.

Kołki są ręcznie wprowadzane do prowadnicy, jak na poniższej ilustracji. Kołek jest prawidłowo wprowadzony, jeśli podkładka z tworzywa sztucznego przy końcówce znajduje się w prowadnicy osadzaka¹⁾. Podczas dociskania osadzaka do powierzchni betonu, łącznik jest wprowadzany do końca do prowadnicy.

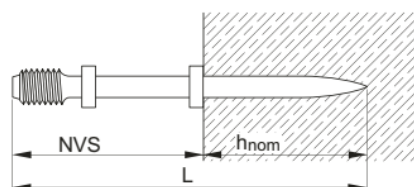


Minimalny rozstaw pomiędzy osiami musi wynosić co najmniej 80 mm. Odległość od krawędzi musi wynosić co najmniej 100 mm.



Uwaga:
Odległość od krawędzi 100 mm dotyczy metody z natrykiwaniem płyt.

3. Zmierzyć i zarejestrować długość kołka (NVS) powyżej powierzchni betonu dla każdego kołka.



4. Obliczyć głębokość osadzenia h_{nom} dla każdego indywidualnego kołka gwintowanego.

	Typ kołka	Długość całkowita L [mm]
$h_{nom} = L - NVS$	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60
	X-M6-8-62 DP7 SCT B3	70
	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95

¹⁾ Podkładki z tworzywa sztucznego są zaprojektowane w taki sposób, że są blokowane w prowadnicy łącznika i zapobiegają wypadaniu kołków z prowadnicy. Kołki mogą być również wprowadzane do prowadnicy łącznika do samego końca (końcówka na równo z przednią częścią prowadnicy).

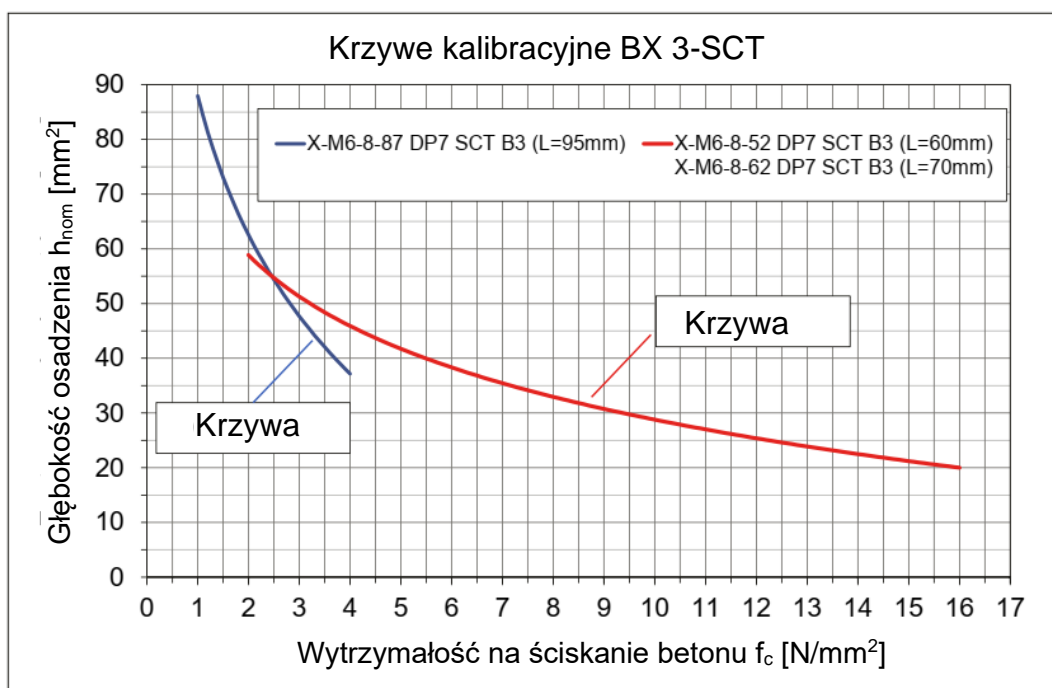
5. Obliczyć średnią głębokość osadzenia h_{nom} dla 10 kołków z serii próbnej.

6. Oszacować wytrzymałość wczesną natryskiwanego betonu z użyciem krzywej kalibracyjnej lub wzoru. Ponieważ energia osadzania BX 3-SCT zależy od długości kołka, wyznaczone zostały dwie indywidualne krzywe kalibracyjne A i B:

Kołek	Zakres wytrzymałości f_c	Krzywa kalibracyjna	Wzór kalibracyjny
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	od 1 do 4 N/mm ²	A	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	od 2 do 16 N/mm ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

h_{nom} ... głębokość osadzenia łącznika w [mm] dla serii 10 próbek

f_c ... szacowana wczesna wytrzymałość kostkowa (150 mm) w [N/mm²]



Krzywe kalibracyjne uwzględniają mieszanki betonowe badane wg [7], natomiast przegląd odpowiednich mieszanek został podany w pkt. 2.4 i załączniku 4.

Nieliniowe krzywe reprezentują wartość średnią wyników badania wszystkich mieszanek betonowych.

2.4 Przegląd mieszanek betonowych stosowanych podczas kalibracji

Do oceny doświadczalnej kalibracji [7] użyto 6 różnych mieszanek betonowych, typowych dla betonu natryskiwanego¹⁾:

- Kruszywa: Ostrokrawędziowe lub okrągłe ziarna o standardowej twardości (mieszany wapień dolomityczny) z maksymalnym rozmiarem kruszywa 8 mm.
- Krzywa rozkładu wielkości ziaren B8. Niektóre mieszanki zawierają materiał bardziej lub mniej drobnoziarnisty, niż nominalna krzywa rozkładu wielkości ziaren B8.
- Zawartość spoiwa zawiera się w zakresie od 400 do 480 kg/m³.
- Stosunek zawartości wody do spoiwa zawiera się w zakresie od 0,45 do 0,62.
- Zawartość pustych przestrzeni zawiera się w zakresie od 1,2 do 3,9%.

Podsumowanie różnych mieszanek betonowych zostało podane w załączniku 4.

Krzywe kalibracyjne są dostosowane do mieszanek i kruszyw stosowanych w Europie Środkowej.

W przypadku niezgodnych mieszanek - szczególnie w odniesieniu do twardości kruszyw w skali Mohsa, np. kwarcyt o twardości 7 w skali Mohsa - zalecane jest opracowanie nowej krzywej kalibracyjnej na miejscu. Odpowiednia procedura została również opisana w wytycznych dotyczących betonu natryskiwanego opracowanych przez ÖBV:

„Do celów kalibracji należy stosować mieszanki podstawowe bez dodatku przyśpieszacza. Tym samym, wymagania dotyczące mieszanek badanych powinny uwzględniać straty spowodowane odbiciem (wyższa zawartość spoiwa, mniejszy rozmiar ziaren). Mieszanka jest umieszczana w formach próbnych, zagęszczana i przechowywana w miejscu zabezpieczonym przed odparowaniem. Wytrzymałość na ściskanie kostek (lub walców) jest oceniana po określonym czasie zgodnie z uznanymi procedurami badań. Szalunek próbki jest usuwany tuż przed badaniem. Wymagane jest użycie odpowiedniej aparatury do pomiarów niewielkich obciążeń. Równocześnie wykonywane są próby osadzania kołka, zgodnie z odpowiednią procedurą badania, na indywidualnie przygotowanych płytkach o zbliżonej kubaturze i grubości 10 cm.

Zmiany temperatury w kostkach i płytkach powinny być zbliżone, aby umożliwić badanie przy tym samym poziomie hydratacji lub dojrzałości. Płytki nie mogą ulegać odkształceniu podczas próby osadzania kołka i muszą być odpowiednio podparte. Badanie należy przeprowadzić natychmiast na kostkach odniesienia. Na podstawie wyników obu badań, metodą regresji liniowej wyznaczana jest krzywa kalibracyjna. Współczynnik korelacji R powinien wynosić >0,85. Ekstrapolowanie wyników nie jest dozwolone.”

¹⁾ Pomimo, że program badań obejmuje wiele różnych mieszanek, właściwości faktycznie użytego betonu natryskiwanego mogą powodować odchylenia i wprowadzać ograniczenia zastosowania kalibracji. Tym samym, Hilti zaleca początkową analizę krzywej kalibracyjnej dla danego projektu.

3 LITERATURA I ZAŁĄCZNIKI

3.1 Literatura i dane techniczne

- [1] Wytyczne ÖBV „Beton natryskiwany” (2013), Österreichische Bautechnik Vereinigung, kwiecień 2013.
- [2] EN 14487-1:2005: Beton natryskowy – Część 1: Definicje, wymagania i zgodność
- [3] EN 14487-2:2006: Beton natryskowy – Część 2: Wykonywanie
- [4] EN 14488-2:2006: Badanie betonu natryskowego – Część 2: Wytrzymałość na ściskanie młodego betonu natryskowego.
- [5] Kusterle, W. (1984): Ein kombiniertes Verfahren zur Beurteilung der Frühfestigkeit von Spritzbeton („Połączona metoda wyznaczania wczesnej wytrzymałości betonu natrykiwanego”). Beton- und Stahlbetonbau, Heft 9/1984 (w języku niemieckim).
- [6] Hilti (2011): Wyznaczanie wczesnej wytrzymałości betonu natrykiwanego metodą osadzania kołka Hilti DX 450-SCT, grudzień 2011.
- [7] Hechenbichler, J., Kuyten, L., Thiel, C. (2021): Hilti BX 3-SCT: Erstellung einer Kalibrierung für die Frühfestigkeitsbestimmung von Spritzbeton (“Hilti BX 3-SCT: Tworzenie krzywej kalibracyjnej do wyznaczania wytrzymałości na ściskanie młodego betonu natrykiwanego”), OTH-Regensburg, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, Faculty of Civil Engineering, 22 listopada 2021 r. (w języku niemieckim).

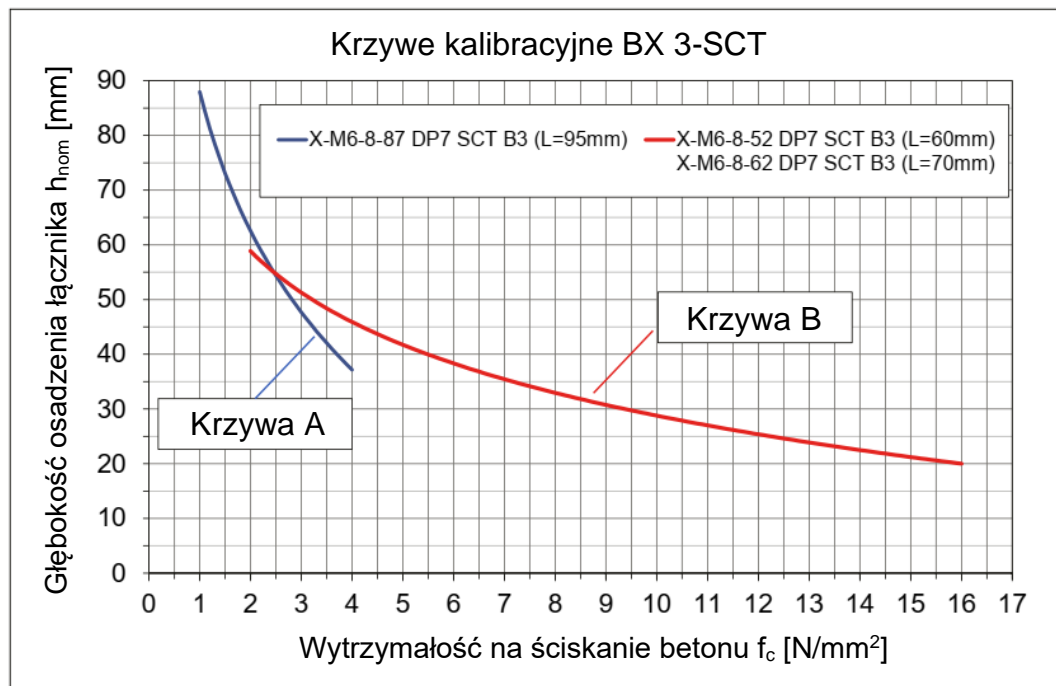
3.2 Załączniki

- Załącznik 1: Krzywa kalibracyjna BX 3-SCT i wzór
- Załącznik 2: Krzywa kalibracyjna A: Przykład formularza rejestracji badania i wyznaczania wartości dla betonu
- Załącznik 3: Krzywa kalibracyjna B: Przykład formularza rejestracji badania i wyznaczania wartości dla betonu
- Załącznik 4: Projekt mieszanki do badań kalibracyjnych
- Załącznik 5: Informacje dotyczące zamawiania

ZAŁĄCZNIK 1: KRZYWE KALIBRACYJNE BX 3-SCT

Kolek	Zakres wytrzymałości f_c	Krzywa kalibracyjna	Wzór kalibracyjny
X-M6-8-87 DP7 SCT B3	od 1 do 4 N/mm ²	A	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$
X-M6-8-52 DP7 SCT B3 X-M6-8-62 DP7 SCT B3	od 2 do 16 N/mm ²	B	$f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$

Współczynnik korelacji wynosi $R = 0,92$ dla obu krzywych kalibracyjnych.

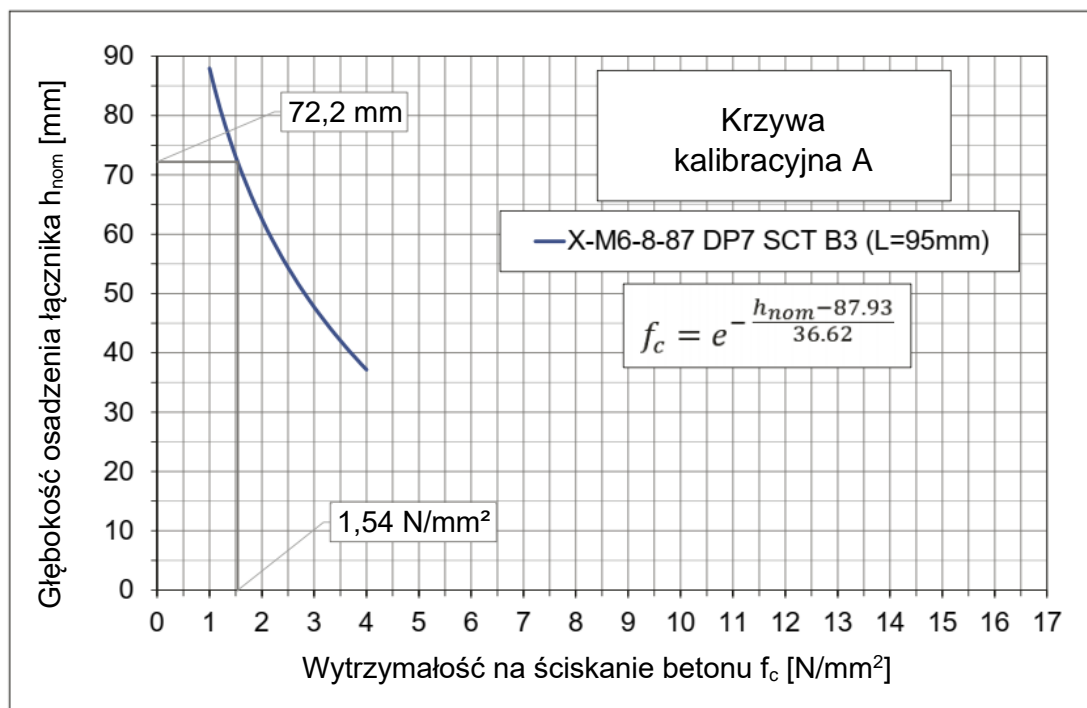


ZAŁĄCZNIK 2: PRZYKŁADOWA KRZYWA KALIBRACYJNA A

Uwaga: Formularze stosowane w praktyce powinny obejmować informacje dotyczące projektu, lokalizacji, osoby prowadzącej badanie, mieszanek betonowych, czasu natryskiwania betonu i czasu badania.

Narzędzie	Numer seryjny narzędzia	Typ kołka	Całkowita długość kołka L [mm]	
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-87 DP7 SCT B3	95	

Kolek #	Długość wystawiania kołka NVS [mm]	Głębokość osadzenia h_{nom} [mm]	Średnia głębokość osadzenia h_{nom} [mm]	Wytrzymałość betonu f_c [N/mm ²]
1	25	70	72,2	1,54
2	26	69		
3	22	73		
4	27	68		
5	20	75		
6	21	74		
7	26	69		
8	27	68		
9	15	80		
10	19	76		

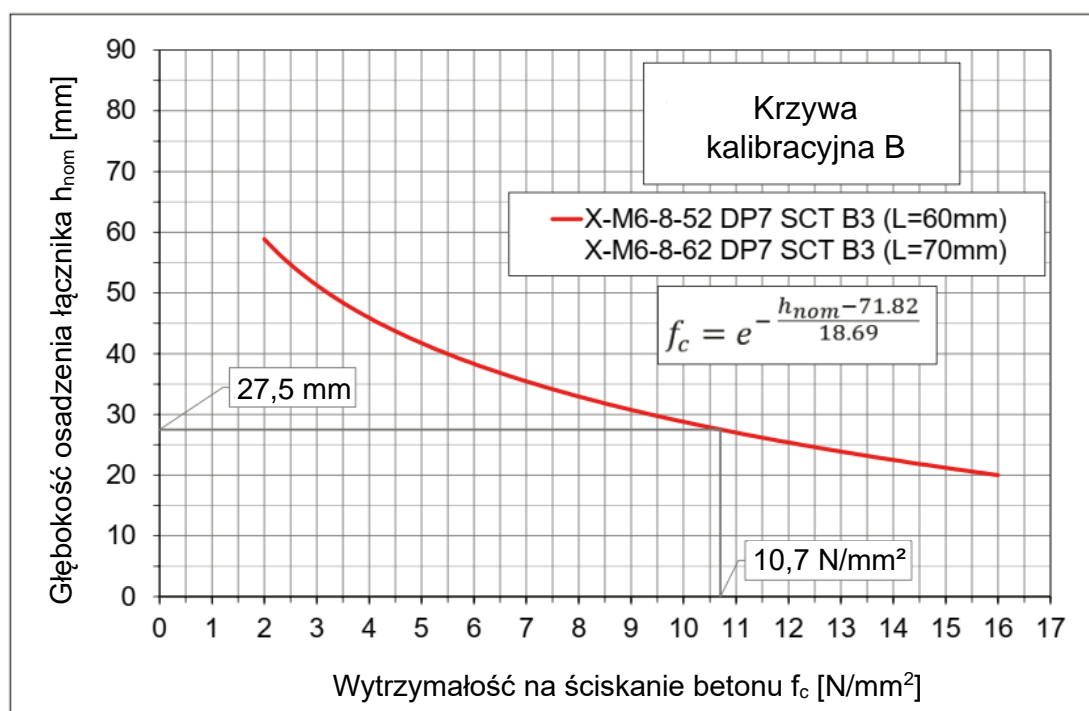


ZAŁĄCZNIK 3: PRZYKŁADOWA KRZYWA KALIBRACYJNA B

Uwaga: Formularze stosowane w praktyce powinny obejmować informacje dotyczące projektu, lokalizacji, osoby prowadzącej badanie, mieszanek betonowych, czasu natryskiwania betonu i czasu badania.

Narzędzie	Numer seryjny narzędzia	Typ kołka	Całkowita długość kołka L [mm]	
BX 3-SCT	1000	X-M6-8-52 DP7 SCT B3	60	

Kolek #	Długość wystawiania kołka NVS [mm]	Głębokość osadzenia h_{nom} [mm]	Średnia głębokość osadzenia h_{nom} [mm]	Wytrzymałość betonu f_c [N/mm ²]
1	34	26	27,5	10,7
2	35	25		
3	29	31		
4	31	29		
5	33	27		
6	35	25		
7	29	31		
8	34	26		
9	33	27		
10	32	28		



ZAŁĄCZNIK 4: PROJEKT MIESZANKI DO BADAŃ KALIBRACYJNYCH

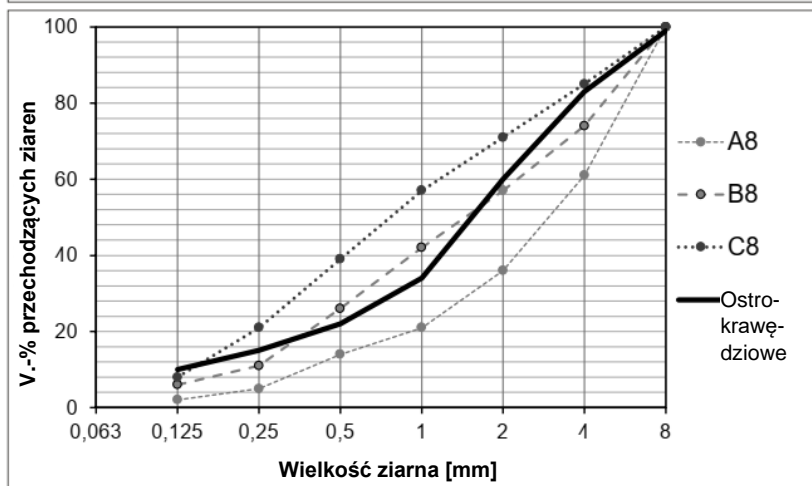
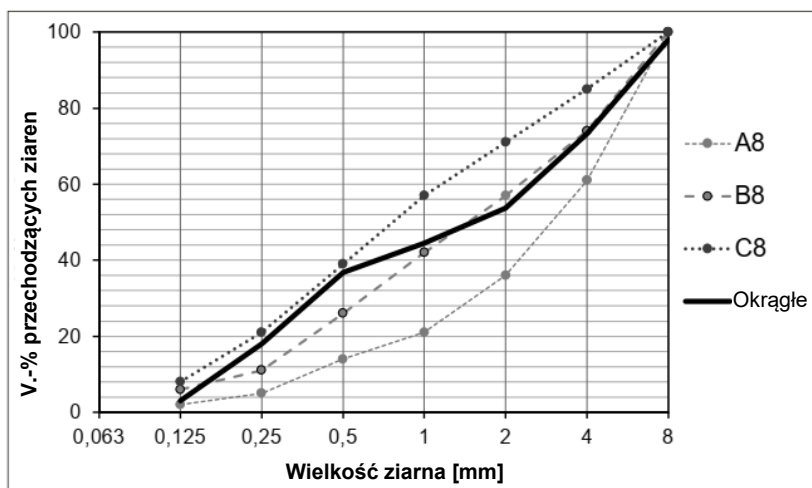
Mieszanka betonowa	Kruszywa ¹⁾	Maks. wielkość ziarna [mm]	Zawartość spoiwa [kg/m ³]	Zawartość cementu ²⁾ [kg/m ³]	Zawartość dodatków ³⁾ [kg/m ³]	Wskaźnik wodno-spoiwowy w/c
1	okrągłe	8	420	280	140	0,46
2	okrągłe	8	460	307	153	0,46
3	okrągłe	8	480	320	160	0,46
4	okrągłe	8	460	307	153	0,51
5	ostrokrawędziowe	8	460	307	153	0,46
7	okrągłe	8	400	267	133	0,62

¹⁾ Analiza petrograficzna Mieszany wapień dolomityczny, standardowa twardość

²⁾ Cement: CEM I 52.5 R

³⁾ Dodatki: Mieszanka żużlu, popiołu lotnego i sproszkowanego wapienia
 Domieszki: Czynniki redukujące zawartość wody i czynniki wiążące powietrze zostały użyte do osiągnięcia odpowiedniego płynięcia materiału (500 do 600 mm) i napowietrzenia 3%.

Analiza kruszywa



ZAŁĄCZNIK 5: INFORMACJE DOTYCZĄCE ZAMAWIANIA

Oznaczenie zamówienia	Numer pozycji
Narzędzie do badania betonu natryskiwanego	
BX 3-SCT (02)	2330184 2346819 tylko USA i Kanada
Akumulatory litowo-jonowe B22 22V, zalecane	
Akumulator litowo-jonowy B22 2.6 22 V	2136393
Akumulator litowo-jonowy B22 2.6 22 V	2136395 tylko USA i Kanada
Ładowarki akumulatorów litowo-jonowych Hilti	
Numery pozycji dla ładowarek C4/36 mogą różnić się w zależności od rynku lokalnego. Szczegółowe informacje na temat składania zamówień w danym kraju można znaleźć na lokalnej stronie internetowej Hilti.	
Akumulatory i ładowarki należy zamawiać osobno.	
Materiały eksploatacyjne i części zamienne	
Kołki gwintowane X-M6-8-52 DP7 SCT B3 (100 szt./opakowanie)	2323247
Kołki gwintowane X-M6-8-62 DP7 SCT B3 (100 szt./opakowanie)	2323246
Kołki gwintowane X-M6-8-87 DP7 SCT B3 (100 szt./opakowanie)	2323248
Prowadnica łącznika X-FG B3-SCT 02	2337405

