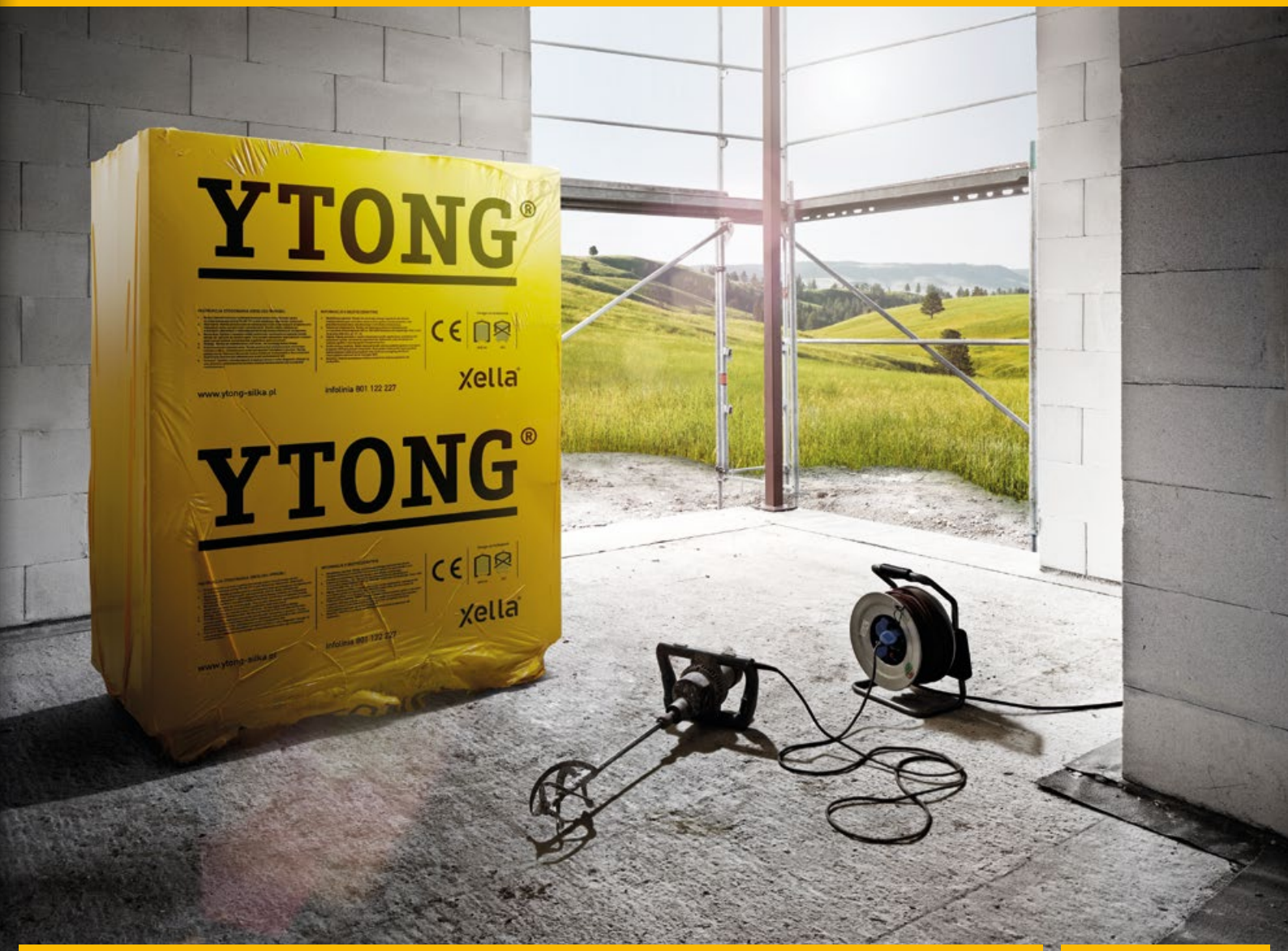
Zeszyt techniczny

Projektowanie architektoniczne i konstrukcyjne budynków w systemie Ytong



YTONG®

Projektowanie architektoniczne i konstrukcyjne budynków w systemie Ytong

wydanie V poprawione

Marzec 2017

Copyright © by Xella Polska sp. z o.o.
Warszawa 2017

Znaki Ytong, Silka i Multipor są zarejestrowanymi znakami towarowymi.
Prawa ochronne na te znaki przysługują Xella Polska sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie.

Żadna część tej pracy nie może być powielana i rozpowszechniana bez pisemnej zgody wydawcy.

1. Wprowadzenie 7
1.1. Historia betonu komórkowego Ytong 7
1.2. Proces produkcji 7
1.3. Informacje ogólne o systemie Ytong 7

2. Asortyment 10
2.1. Bloczki Ytong 10
2.2. Płyty Ytong Panel 11
2.3. Nadproża Ytong 12
2.4. Elementy zbrojone Ytong 15
2.5. Elementy dodatkowe 17
2.6. Zaprawy 17
2.7. Akcesoria Ytong 18

3. Zasady projektowania w systemie Ytong 19
3.1. Zasady ogólne 19
3.2. Przyziemie budynku 19
3.3. Ściany nadziemne 27
3.4. Nadproża 49
3.5. Stropy 57
3.6. Stropodachy, tarasy, balkony 67
3.7. Dachy skośne 76

4. Zasady obliczeń statycznych 82
4.1. Zasady ogólne 82
4.2. Parametry wytrzymałościowe muru 82
4.2.1. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie 82
4.2.2. Wytrzymałość muru na ścinanie 84
4.2.3. Wytrzymałość muru na rozciąganie 84
4.2.4. Ściana poddana obciążeniu skupionemu 85
4.2.5. Odkształcalność muru 85
4.2.6. Maksymalna wysokość ścian 86
4.2.7. Wymiarowanie ścian obciążonych głównie pionowo 88

5. Fizyka budowli 91
5.1. Izolacyjność termiczna 91
5.2. Klasyfikacja ogniowa 94
5.3. Izolacyjność akustyczna 96

6. Przykład obliczeniowy 99
6.1. Dane do obliczeń 99
6.2. Zestawienie obciążeń 100
6.2.1. Dach 100
6.2.2. Strop nad parterem 103
6.2.3. Ściany budynku 104
6.3. Obliczenia 105
6.3.1. Filar ściany zewnętrznej (F1) 105
6.3.2. Filar ściany wewnętrznej (F2) 111

7. Dane tabelaryczne 114

1. Wprowadzenie

1.1. Historia betonu komórkowego Ytong

Technologia produkcji bloczków z betonu komórkowego została opatentowana w 1924 r. przez szwedzkiego naukowca Adela Erikssona. Na skalę przemysłową bloczki zaczęto produkować w 1929 r., a już w latach 40. rozpoczęto produkcję na terenie Niemiec i Polski. Lata te uznawane są jako początek prawdziwego rozwoju technologii produkcji bloczków z betonu komórkowego.
Producentem betonu komórkowego Ytong jest koncern Xella, w skład którego wchodzą również marki Silka (bloki wapienno-piaskowe) oraz Multipor (mineralne płyty izolacyjne).

1.2. Proces produkcji

Do produkcji bloczków Ytong stosuje się surowce naturalne: piasek, wapno, wodę oraz niewielkie ilości cementu i anhydrytu. Skład taki decyduje o zdrowotności materiału i znikomej promieniotwórczości naturalnej. Środek porotwórczy – pasta aluminiowa, wchodząc w reakcję z wodorotlenkiem wapniowym, spulchnia masę, umożliwiając powstanie milionów małych porów. Bardzo dokładny dobór surowców i starannie dopracowany proces technologiczny ze sterowanym komputerowo systemem dozowania pozwalają na produkcję jednorodnego materiału o bardzo dobrych i stałych parametrach.

Wyroby z betonu komórkowego posiadają zróżnicowaną wytrzymałość na ściskanie i różnorodne właściwości termoizolacyne. Jest to spowodowane różną gęstością objętościową poszczególnych wyrobów, mierzoną w kg/m^3. Wyroby o mniejszej gęstości objętościowej mają lepszą izolacyjność termiczną, ale niższą wytrzymałość na ściskanie. Do wykonywania ścian zewnętrznych jednowarstwowych można stosować bloczki Ytong Energo+ oraz Ytong Energo o gęstości objętościowej odpowiednio 300 oraz 350 kg/m^3. Wewnętrzne ściany działowe i konstrukcyjne wykonuje się najczęściej z bloczków o gęstości 500 lub 600 kg/m^3.

Ściany z betonu komórkowego są, w porównaniu z innymi materiałami do murowania ścian, lekkie i charakteryzują się dobrą izolacyjnością cieplną i akustyczną.

Bloczki z betonu komórkowego, podobnie jak inne elementy murowe, stosuje się przede wszystkim do budowy ścian zewnętrznych znajdujących się wyżej niż 30 cm nad poziomem terenu otaczającego budynek – tzn. powyżej zasięgu odpryskującej wody deszczowej. Stosowanie betonu komórkowego w przyziemiu budynku i do wykonywania ścian piwnic jest możliwe pod warunkiem wykonania starannej izolacji wodochronnej.

1.3. Informacje ogólne o systemie Ytong

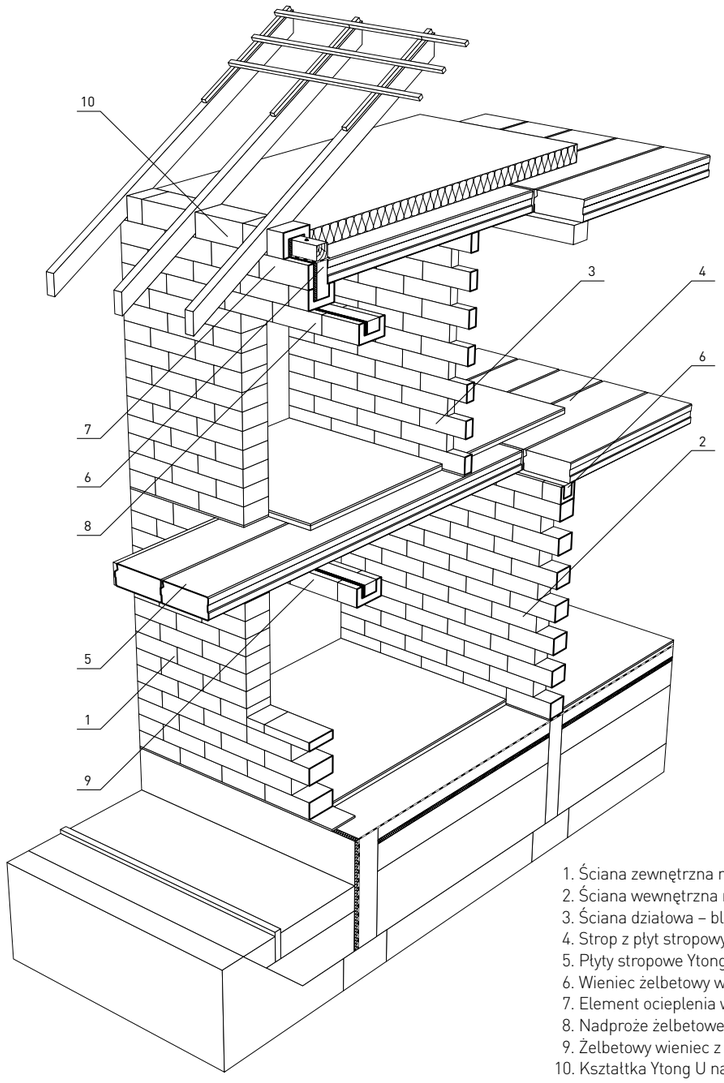
System Ytong to zestaw elementów z betonu komórkowego umożliwiających wykonanie kompletnego budynku w stanie surowym, bez konieczności stosowania innych materiałów budowlanych i rozwiązywania skomplikowanych styków technologicznych pomiędzy nimi. W skład systemu wchodzą: elementy ścienne, płyty stropowe i dachowe, gotowe nadproża, kształtki U do wykonywania elementów żelbetowych, elementy docieplenia wieńca, zaprawy oraz specjalistyczne narzędzia do obróbki betonu komórkowego. Bloczki ścienne produkowane są w pięciu klasach wytrzymałości.
Mury z bloczków z betonu komórkowego Ytong z cienkimi spoinami mogą być stosowane jako ściany konstrukcyjne, które przenoszą w budynku wszystkie obciążenia. Mogą też być projektowane jako ściany usztywniające oraz jako ściany wypełniające w konstrukcjach szkieletowych.
Ściany zewnętrzne z bloczków Ytong są z reguły ścianami jednorodnymi, ale można je również wykonywać jako przegrody warstwowe. Jednorodne materiałowo ściany zewnętrzne z betonu komórkowego nie wymagają dodatkowego ocieplenia, ponieważ spełniają wymagania obowiązujących przepisów o ochronie cieplnej budynku i zapewniają dobrą i zgodną z normami ochronę akustyczną.

W 2012 r. gamę produktów uzupełniły płyty z betonu komórkowego Ytong Panel, które służą do wykonywania ścianek działowych. W 2013 r. w ofercie pojawiły się także bloczki Ytong Energo+, które pozwalają na wybudowanie jednowarstwowej ściany o współczynniku przenikania ciepła U = 0,17 W/(m^{2}K).

W 2015 r. wprowadzone zostały bloczki Ytong PP4/0,5 i Ytong PP5/0,6. Lekkie bloczki o zwiększonej wytrzymałości pozwalają na zmniejszenie ciężaru konstrukcji i obniżenie kosztów transportu.

Zalety systemu Ytong:

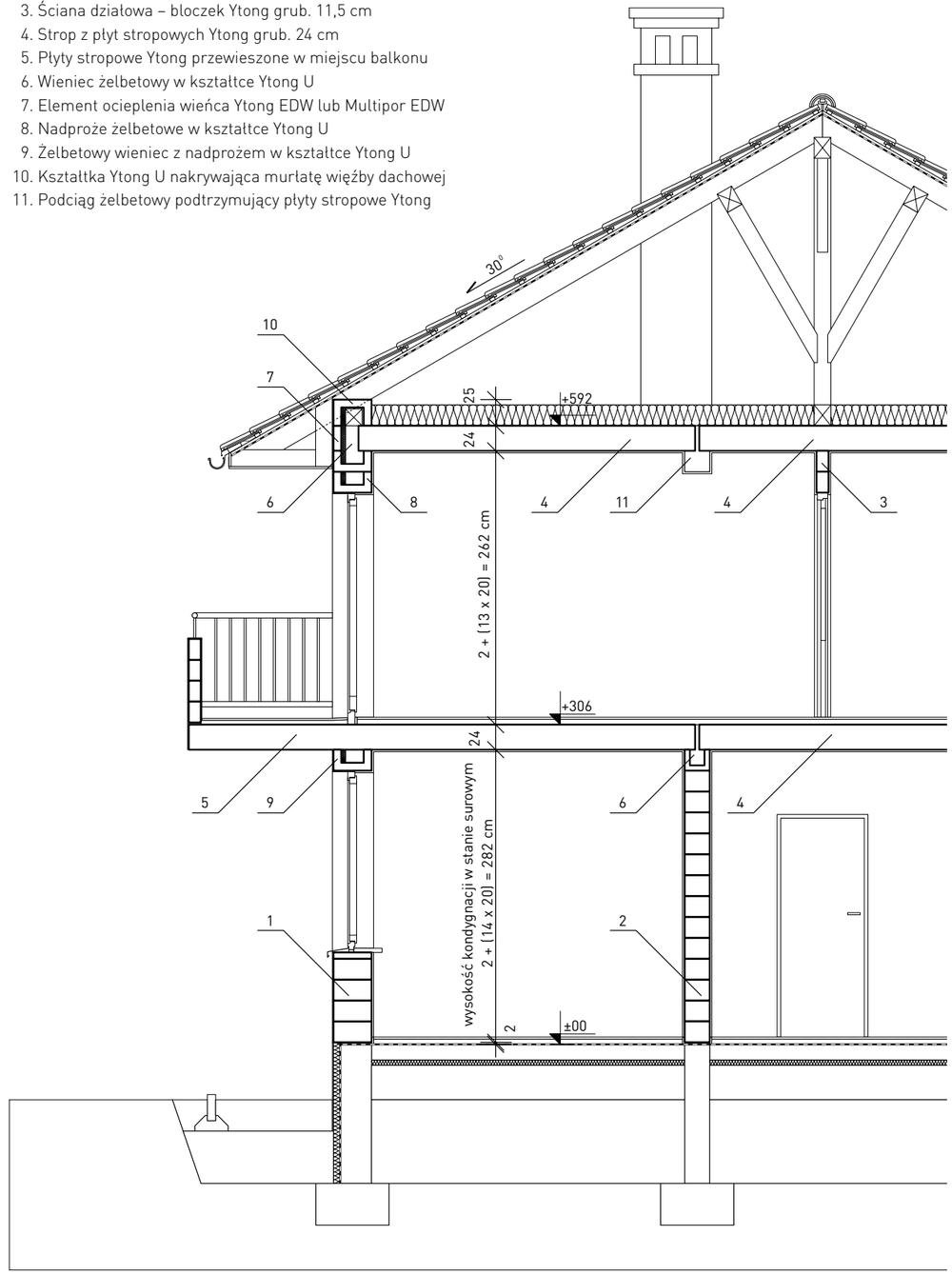
- Bloczki ścienne Ytong pełnią rolę zarówno konstrukcyjną, jak i termoizolacyjną, nie wymagając dodatkowego ocieplenia ścian zewnętrznych.
- Dokładność wymiarowa bloczków Ytong umożliwia murowanie ścian z zastosowaniem cienkich spoin o grubości 0,5÷3 mm.
- Wyprofilowanie czołowej powierzchni bloczków na pióro i wpust umożliwia murowanie bez wypełniania spoin pionowych zaprawą.
- Bloczki Ytong można łatwo ciąć, jak i wykonać w nich bruzdy na instalacje, otwory na przełączniki, gniazdka i puszki rozdzielcze.



1. Ściana zewnętrzna nośna – bloczek Ytong grub. 36,5 cm
2. Ściana wewnętrzna nośna – bloczek Ytong grub. 24 cm
3. Ściana działowa – bloczek Ytong grub. 11,5 cm
4. Strop z płyt stropowych Ytong grub. 24 cm
5. Płyty stropowe Ytong przewieszone w miejscu balkonu
6. Wieniec żelbetowy w kształtce Ytong U
7. Element ocieplenia wieńca Ytong EDW lub Multipor EDW
8. Nadproże żelbetowe w kształtce Ytong U
9. Żelbetowy wieniec z nadprożem w kształtce Ytong U
10. Kształtka Ytong U nakrywająca murłatę więźby dachowej

Rys. 1.1 Przykład niepodpiwniczonego budynku piętrowego z poddaszem nieużytkowym, wykonanego w technologii Ytong

1. Ściana zewnętrzna nośna – bloczek Ytong grub. 36,5 cm
2. Ściana wewnętrzna nośna – bloczek Ytong grub. 24 cm
3. Ściana działowa – bloczek Ytong grub. 11,5 cm
4. Strop z płyt stropowych Ytong grub. 24 cm
5. Płyty stropowe Ytong przewieszone w miejscu balkonu
6. Wieniec żelbetowy w kształtce Ytong U
7. Element ocieplenia wieńca Ytong EDW lub Multipor EDW
8. Nadproże żelbetowe w kształtce Ytong U
9. Żelbetowy wieniec z nadprożem w kształtce Ytong U
10. Kształtka Ytong U nakrywająca murłatę więźby dachowej
11. Podciąg żelbetowy podtrzymujący płyty stropowe Ytong



Rys. 1.2 Przykład niepodpiwniczonego budynku piętrowego z poddaszem nieużytkowym, wykonanego w technologii Ytong – przekrój

2. Asortyment

Beton komórkowy jest materiałem nieszkodliwym dla środowiska, a ze względu na mineralne pochodzenie gwarantuje niepalność i najwyższy stopień ochrony przeciwogniowej.
Elementy systemu Ytong są wytwarzane z „piaskowego" betonu komórkowego (bez dodatku popiołów lotnych).

Bloczki produkowane są w ośmiu odmianach:
- Ytong Energo+ PP2/0,3
- Ytong Energo PP2/0,35
- Ytong Forte PP2,5/0,4
- Ytong PP3/0,5
- Ytong PP4/0,5
- Ytong PP4/0,6
- Ytong PP5/0,6
- Ytong PP5/0,7

Produkty systemu Ytong oznaczone są symbolami, które zawierają następujący kod:
- Litery PP są oznaczeniem bloczków o dużej dokładności wymiarowej, przeznaczonych do murowania na cienką spoinę.
- Towarzysząca literom PP liczba 2; 2,5; 3; 4; 5 określa średnią wytrzymałość na ściskanie (N/mm^2) w stanie wilgotności 6 ± 2%.
- Liczby za kreską ukośną – 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6 i 0,7 oznaczają klasę gęstości objętościowej betonu komórkowego w stanie suchym (t/m^3).
- S oznacza powierzchnię czołową profilowaną na pióro i wpust.
- GT odnosi się do bloczków z uchwytem montażowym.
- Oznaczenie Panel odnosi się do płyt z betonu komórkowego, przeznaczonych do wykonywania ścianek działowych.
- Oznaczenie YN odnosi się do nośnych belek nadprożowych ze zbrojonego betonu komórkowego. Liczby przed kreską ukośną oznaczają długość nadproża, a po kresce jego grubość.
- Oznaczenie YF odnosi się do prefabrykowanych belek nadproży zespolonych. Liczby przed kreską ukośną oznaczają długość nadproża, a po kresce jego grubość.
- EDW odnosi się do elementów ocieplenia wieńca. W nazwie podana jest wysokość oraz grubość elementu.
- Oznaczenie YD odnosi się do nadproży przewidzianych do ścian działowych o grubości 7,5 oraz 10 cm.
- Litera U jest oznaczeniem kształtek, służących jako deskowanie tracone przy wykonywaniu nadproży i słupów żelbetowych, wieńców oraz obudowy murłat.

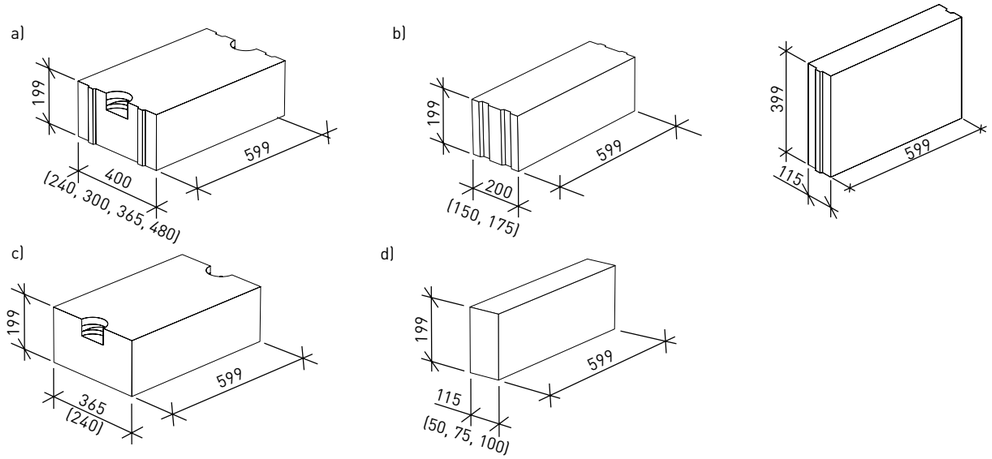
2.1. Bloczki Ytong

Bloczki Ytong przeznaczone są między innymi do wznoszenia ścian jednowarstwowych. Współczynnik przenikania ciepła ścian z bloczków Ytong Energo+ PP2/0,3 o grubości 48 cm wynosi 0,17 $W/(m^2K)$. Dokładność wymiarowa bloczków Ytong (± 1 mm) pozwala na idealne dopasowanie elementów do siebie. System pióro-wpust eliminuje konieczność wykonywania spoin pionowych. Bloczki można murować przy użyciu zaprawy do cienkich spoin, wypełniających jedynie poziomą spoinę.
Jako wykończenie powierzchni ścian stosuje się od wewnątrz tynki gipsowe lub cementowo-wapienne, a od strony zewnętrznej tynki cienkowarstwowe na warstwie zbrojącej lub cementowo-wapienne. Bezpośrednio na nieotynkowanej powierzchni ścian, po odpowiednim zagruntowaniu, można układać płytki ceramiczne.

W systemie Ytong dostępne są następujące bloczki:
- **Bloczki Ytong profilowane na pióro i wpust z uchwytem montażowym S+GT** – przeznaczone są do wznoszenia murów konstrukcyjnych z cienkimi spoinami. Dzięki profilowanej na pióro i wpust powierzchni czołowej nie wypełnia się zaprawą spoiny pionowej. Dodatkowo w powierzchniach czołowych wyfrezowane są uchwyty ułatwiające przenoszenie i ustawianie bloczków.
- **Bloczki Ytong profilowane na pióro i wpust S** – bloczki o grubości ⩽ 200 mm, które z uwagi na niską masę nie posiadają uchwytów montażowych i wyposażone są jedynie w profilowanie powierzchni bocznej na pióro i wpust. Spoiny pionowej nie wypełnia się zaprawą.
- **Bloczki Ytong gładkie z uchwytem montażowym GT** – służą do wznoszenia ścian piwnicznych i fundamentowych z wypełnionymi spoinami pionowymi. Dodatkowo w powierzchniach czołowych wyfrezowane są uchwyty ułatwiające przenoszenie i ustawianie bloczków.
- **Bloczki Ytong uzupełniające** – przeznaczone do uzupełniania ścian o wysokości nie będącej wielokrotnością 20 cm.
- **Bloczki Ytong gładkie** – wykorzystywane mogą być do zabudowy wnęk, wykonywania przepierzeń, obudowy wanien, brodzików i umywalek, półek oraz szafek łazienkowych, kuchennych itd. Bloczki Ytong gładkie oferowane są również w pakietach

Tabela 2.1. Asortyment bloczków Ytong

Oznaczenie	Profilowanie	Klasa gęstości [kg/m³]	Długość [mm]	Wysokość [mm]	Grubość [mm]
Ytong Energo+ PP2/0,3	S+GT	300	599 ± 1,5	199 ± 1	365, 480 ± 1,5
Ytong Energo PP2/0,35	S+GT	350			240, 300, 365, 400, 480 ± 1,5
Ytong Forte PP2,5/0,4	S+GT	400			265, 300, 365 ± 1,5
Ytong PP3/0,5	S+GT	500			240, 300, 365, 400 ± 1,5
	S				150, 175, 200 ± 1,5
Ytong Interio PP3/0,5	S			399 ± 1	115 ± 1,5
Ytong PP4/0,5	S+GT	500		199 ± 1	240 ± 1,5
Ytong PP4/0,6	S+GT	600		199 ± 1	240, 300, 365, 400 ± 1,5
	S				150, 175, 200 ± 1,5
	gładkie				50, 75, 100, 115 ± 1,5
	GT				365 ± 1,5
Ytong PP5/0,6	S+GT	600			240 ± 1,5
Ytong PP5/0,7	GT	700			240 ± 1,5



Rys. 2.1. Bloczki Ytong do murowania na cienkie spoiny:
a) Ytong S+GT (wyposażone w pióro i wpust oraz uchwyty montażowe)
b) Ytong S (wyposażone w pióro i wpust) c) Ytong GT (wyposażone w uchwyty montażowe) d) gładkie

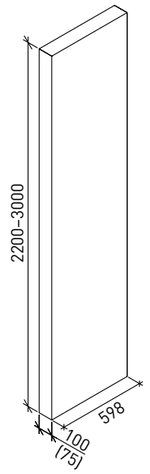
.

2.2. Płyty Ytong Panel

Płyty Ytong Panel z betonu komórkowego przeznaczone są do wykonywania ścianek działowych. Dzięki wysokości płyt 220–300 cm, dopasowanej do wysokości kondygnacji, ścianki działowe powstają nawet 4 razy szybciej niż w przypadku stosowania tradycyjnych technologii. Płyty mocuje się przy pomocy drewnianych klinów i gumowych bloków oraz łączy się spoiną pionową. Gładka powierzchnia płyt pozwala na cienkowarstwowe wykończenie gładzią lub nawet tapetowanie bez wykonywania żadnej dodatkowej warstwy. Ściany już o grubości 7,5 cm spełniają wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych oddzielających pokoje w budynkach mieszkalnych. Mała grubość płyt przyczynia się do zwiększenia powierzchni użytkowej budynku.

Tabela 2.2. Asortyment płyt Ytong Panel

Oznaczenie	Gęstość [kg/m³]	Długość [mm]	Grubość [mm]	Szerokość [mm]
G4/600	575 ± 50	2200–3000 (co 20 mm)	75; 100	598



Rys. 2.2. Płyta Ytong Panel

2.3. Nadproża Ytong

Nadproża Ytong wykonane są ze zbrojonego betonu komórkowego i przeznaczone do przekrywania otworów okiennych i drzwiowych. Spełniają funkcję nośną, a w przypadku ścian zewnętrznych zapewniają odpowiednią izolacyjność termiczną bez dodatkowego ocieplenia. Dzięki stosowaniu systemowych nadproży uzyskuje się jednakowe podłoże pod tynk na całej powierzchni ściany. Gotowe nadproża Ytong zastępują nadproża betonowe, wylewane na budowie. Są bardzo łatwe i szybkie w zastosowaniu – ich montaż zajmuje dwóm osobom kilka minut.
Tabela z doborem nadproży znajduje się na stronie 51.

Tabela 2.3. Asortyment nadproży Ytong YN

Opis elementu	Długość [mm]	Wysokość [mm]	Szerokość [mm]	Maks. szer. przekrywanego otworu [mm]	Minimalna długość oparcia [mm]	Maks. obciążenie obliczeniowe [kN/m]	Masa elementu [kg]
YN-130/20	1300	249	200	900	195	23	58
YN-150/20	1500			1100	195	21	66
YN-175/20	1750			1350	195	15	77
YN-200/20	2000			1500	245	13	88
YN-225/20	2250			1750	245	13	98
YN-130/24	1300	249	240	900	195	23	69
YN-150/24	1500			1100	195	22	79
YN-175/24	1750			1350	195	20	92
YN-200/24	2000			1500	245	17	106
YN-225/24	2250			1750	245	14	117
YN-130/30	1300	249	300	900	195	23	86
YN-150/30	1500			1100	195	22	99
YN-175/30	1750			1350	195	23	116
YN-200/30	2000			1500	245	20	132
YN-225/30	2250			1750	245	17	149
YN-130/36,5	1300	249	365	900	195	23	104
YN-150/36,5	1500			1100	195	22	120
YN-175/36,5	1750			1350	195	23	141
YN-200/36,5	2000			1500	245	23	161
YN-225/36,5	2250			1750	245	22	181

- **Prefabrykowana belka nadprożowa Ytong YN** – wykonana ze zbrojonego betonu komórkowego, o wysokości 24,9 cm. Maksymalna szerokość przekrywanego otworu wynosi 175 cm. Stosowane są do otworów okiennych i drzwiowych w ścianach o grubości 20, 24, 30 i 36,5 cm. W ścianach o grub. 40 i 48 cm nadproże wykonane jest z dwóch belek Ytong YN leżących obok siebie, o grubości odpowiednio 20 i 24 cm połączonych spoiną podłużną. Nadproża zapewniają dobrą izolacyjność termiczną bez dodatkowego ocieplenia oraz są bardzo łatwe i szybkie w zastosowaniu.

- **Prefabrykat nadproża zespolonego Ytong YF** – wykonany ze zbrojonego betonu komórkowego, o wysokości 12,4 cm. Maksymalna szerokość przekrywanego otworu wynosi 250 cm. W zależności od grubości muru elementy układane są jako pojedyncze, podwójne lub potrójne. Dla uzyskania nadproża zespolonego elementy należy nadmurować warstwą bloczków.

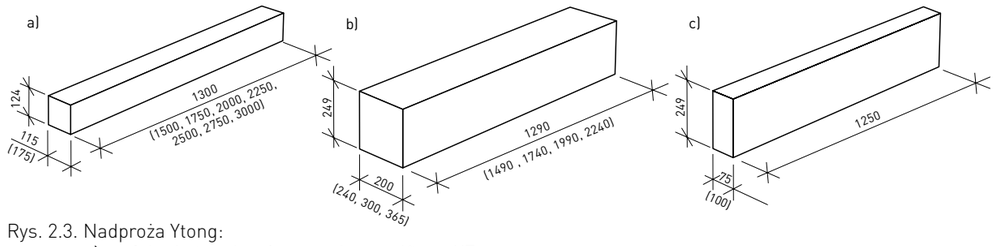
- **Prefabrykowana belka nadprożowa Ytong YD** – wykonana ze zbrojonego betonu komórkowego, o wysokości 24,9 cm. Nadproża służą do przekrywania otworów o szerokości do 102 cm w ścianach o grubości 7,5 oraz 10 cm.

Tabela 2.4. Asortyment nadproży Ytong YF

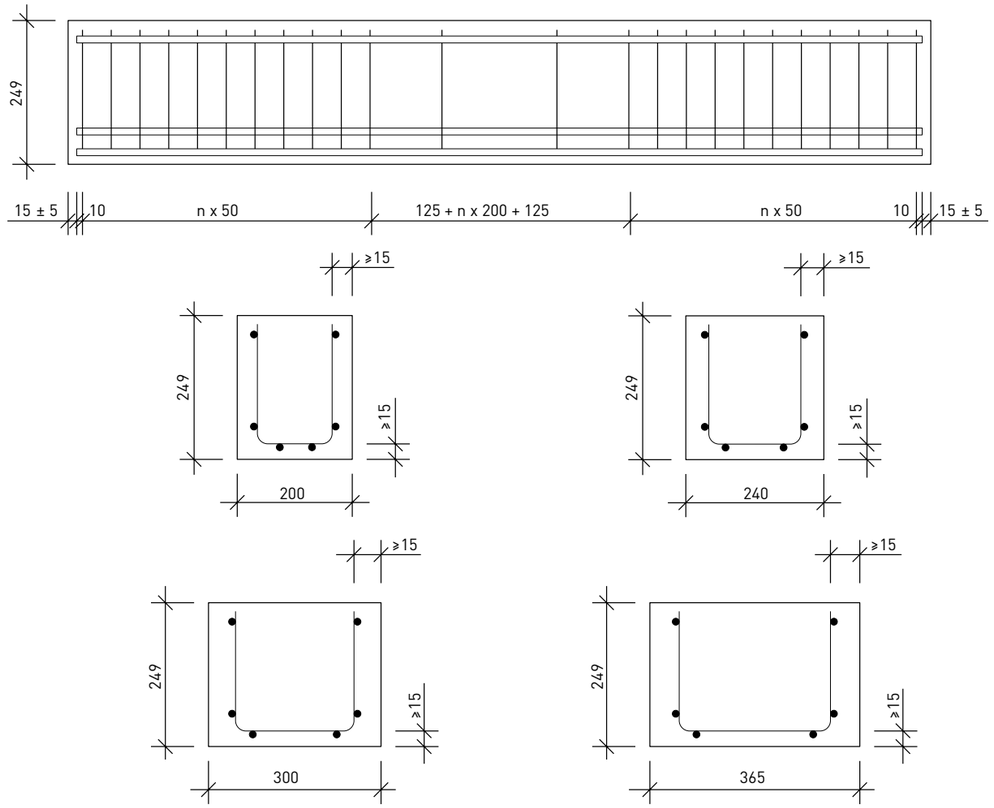
Opis elementu	Długość [mm]	Wysokość [mm]	Szerokość [mm]	Maks. szer. przekrywanego otworu [mm]	Minimalna długość oparcia [mm]	Masa elementu [kg]
YF-130/11,5	1300	124	115	900	200	17
YF-150/11,5	1500			1100	200	19
YF-175/11,5	1750			1250	250	22
YF-200/11,5	2000			1500	250	25
YF-225/11,5	2250			1750	250	29
YF-250/11,5	2500			2000	250	32
YF-275/11,5	2750			2250	250	35
YF-300/11,5	3000			2500	250	38
YF-130/17,5	1300	124	175	900	200	25
YF-150/17,5	1500			1100	200	29
YF-175/17,5	1750			1250	250	34
YF-200/17,5	2000			1500	250	39
YF-225/17,5	2250			1750	250	44
YF-250/17,5	2500			2000	250	48
YF-275/17,5	2750			2250	250	53
YF-300/17,5	3000			2500	250	58

Tabela 2.5. Asortyment nadproży Ytong YD

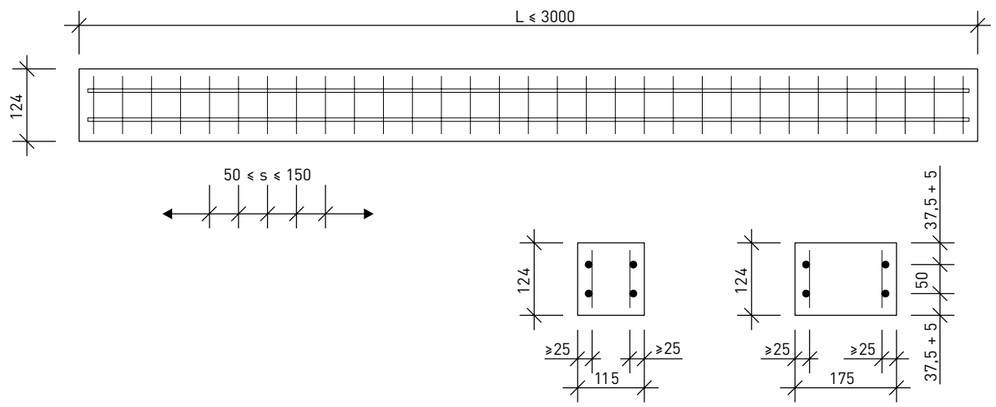
Opis elementu	Długość [mm]	Wysokość [mm]	Szerokość [mm]	Maks. szer. przekrywanego otworu [mm]	Minimalna długość oparcia [mm]	Masa elementu [kg]
YD-125/7,5	1250	249	75	1020	115	19
YD-125/10			100			25



Rys. 2.3. Nadproża Ytong:
a) prefabrykat nadproża zespolonego Ytong YF
b) prefabrykowana belka nadprożowa Ytong YN
c) prefabrykowana belka nadprożowa Ytong YD



Rys. 2.4. Belki nadprożowe Ytong YN – rozmieszczenie zbrojenia w przekroju podłużnym i przekrojach poprzecznych



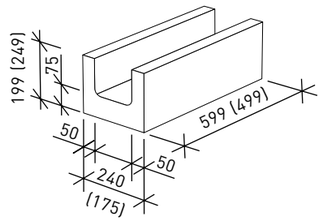
Rys. 2.5. Prefabrykaty Ytong YF do nadproży zespolonych – rozmieszczenie zbrojenia w przekroju podłużnym i przekrojach poprzecznych

- **Kształtki U** – pełnią funkcję deskowania traconego dla nadproży wylewanych na budowie. W kształtkach U można wykonywać wieńce, belki i słupy żelbetowe. Kształtki U są fabrycznie wycinane lub klejone z bloczków Ytong. Dzięki jednakowej długości i szerokości nadproża wykonane z kształtek U są skoordynowane wymiarowo z bloczkami ściennymi. Ponadto zastosowanie kształtek U jako deskowania traconego pozwala na uzyskanie jednolitej powierzchni całej ściany, co ułatwia tynkowanie i obniża koszty prac wykończeniowych.

2.4. Elementy zbrojone Ytong

Zastosowanie płyt stropowych i dachowych Ytong ułatwia i przyspiesza prace budowlane.

- **Płyty stropowe Ytong** – płyty wykonane ze zbrojonego betonu komórkowego montowane są za pomocą żurawia. Podczas montażu płyty nie wymagają stosowania podpór montażowych, a strop może przenosić obciążenia bezpośrednio po jego ułożeniu. Płyty stropowe Ytong można wysunąć wspornikowo poza obrys budynku, uzyskując w ten sposób balkon. Pozwala to znacznie ograniczyć



Rys. 2.6. Kształtki nadprożowe U

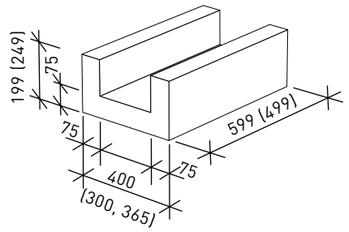
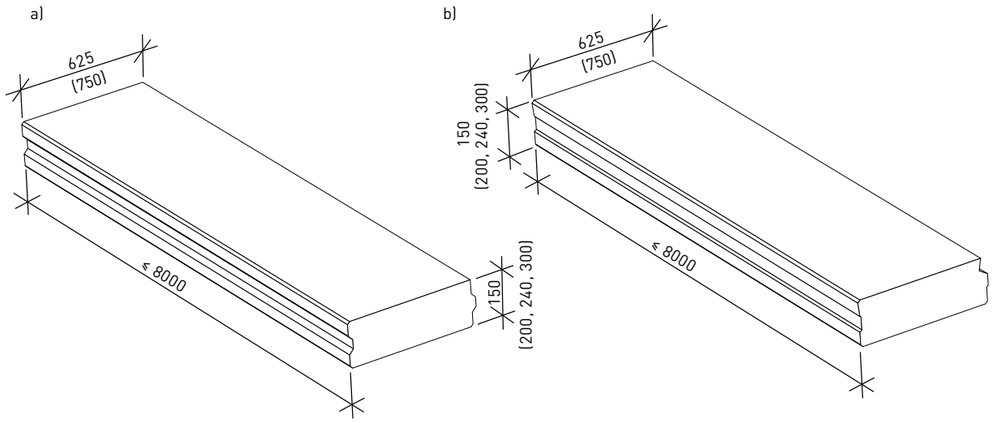


Tabela 2.6. Asortyment Ytong U

Opis elementu	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Długość [mm]	Grubość ścianek kształtki [mm]
Ytong U 17,5/20	175	199	599	50
Ytong U 24/20	240	199	599	50
Ytong U 24/25		249		
Ytong U 30/20	300	199	599	75
Ytong U 30/25		249		
Ytong U 36,5/20	365	199	599	75
Ytong U 36,5/25		249		
Ytong U 40/20	400	199	599	75
Ytong U 40/25		249		
Ytong U 48/20	480	199	599	75

wpływ mostków termicznych wzdłuż styku płyty balkonowej ze ścianą.
Płyty stropowe ze zbrojonego betonu komórkowego wykonuje się indywidualnie „na wymiar" – firma Xella kieruje dostarczoną dokumentację projektową do odpowiednio przygotowanych projektantów, którzy wykonują plan montażowy stropu, a następnie zestawienie elementów stropowych do produkcji. Wykonanie dokumentacji uzupełniającej do produkcji jest bezpłatne. Instruktorzy Xella Polska pomogą także podczas montażu stropu.

- **Płyty dachowe Ytong** – są to elementy konstrukcyjne do wykonania stropodachów i dachów w budynkach mieszkalnych, obiektach handlowych, przemysłowych i budynkach użyteczności publicznej.
Płyty dachowe Ytong zapewniają na poddaszu idealny mikroklimat. Zastosowanie ich do wykonania połaci dachowych sprawia, że poddasze nie przegrzewa się w okresie letnim i nie wyziębia w okresie zimowym, a połacie dachowe mają podobne parametry termoizolacyjne i bezwładność cieplną jak ściany zewnętrzne na niższych kondygnacjach. Płyty dachowe można układać na dowolnych konstrukcjach nośnych (stalowych, żelbetowych, drewnianych, murowanych). Nie wymagają wykonywania tradycyjnej więźby. Pokrycie dachowe oraz kąt nachylenia połaci mogą być dowolne.



Rys. 2.7. Typy profili płyt stropowych i dachowych Ytong:
a) profil NFT (płyty dachowe)
b) profil NFZ (płyty stropowe)

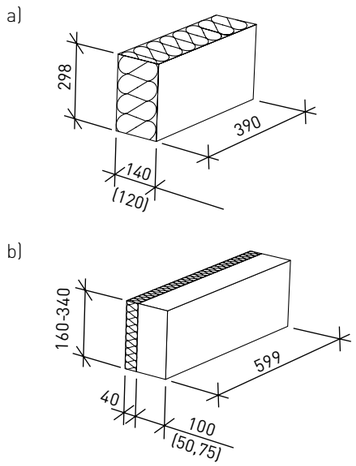
Tabela 2.7. Asortyment płyt stropowych i dachowych Ytong

opis elementu	długość [mm]	grubość [mm]	szerokość [mm]	minimalna długość podparcia [mm]		wytrzymałość na ściskanie [N/mm²]	górna granica gęstości [kg/m³]	współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	opór cieplny R [m²K/W]	współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]	minimalna odporność ogniowa	izolacyjność akustyczna[4] R'w,R [dB]
płyty stropowe i dachowe Ytong	6000 (min. 1000; maks. 8000[1])	150	625 (min. 250; maks. 750)	70[2]		4,5	550	0,14	1,07	0,81	REI 30 – REI 120[3]	32 (34)
		200							1,43	0,63		36 (38)
		240							1,71	0,53		38 (40)
		250							1,79	0,51		39 (41)
		300							2,14	0,43		41 (43)

[1] maksymalna rozpiętość konstrukcyjna wynosi 7500 mm
[2] dotyczy oparcia na murze; 50 mm w przypadku konstrukcji stalowej lub żelbetowej
[3] w zależności od przyjętej grubości otuliny zbrojenia
[4] wartość szacowana na podstawie DIN 4109; w nawiasach wartości z tynkiem

2.5. Elementy dodatkowe

- **Element ocieplenia wieńca** – w systemie Ytong wieniec wykonuje się, obudowując go elementami ocieplenia wieńca Multipor EDW lub Ytong EDW. Multipor EDW to płyta z betonu komórkowego o współczynniku λ_D= 0,043 W/(m/K) i grubości 12 lub 14 cm. Ytong EDW to bloczek Ytong z doklejoną warstwą wełny mineralnej. Oba rozwiązania zapewniają jednolitą powierzchnię ściany od strony zewnętrznej.



Rys. 2.8. Elementy ocieplenia wieńca:
a) Multipor EDW – płyta z betonu komórkowego o współczynniku λ_D= 0,043 W/(m/K)
b) Ytong EDW – płyta Ytong z doklejoną warstwą izolacji z wełny mineralnej

2.6. Zaprawy

- **Zaprawa do cienkich spoin Ytong-Silka** – do murowania naziemnych murów z bloczków Ytong zaleca się stosowanie zaprawy systemowej do cienkich spoin Ytong-Silka. Warstwa zaprawy ma 0,5-3 mm grubości, dzięki czemu nie wpływa w znaczący sposób na izolacyjność muru. Zaprawa po 28 dniach osiąga wytrzymałość na ściskanie min. 10 N/mm².
Zużycie zapraw do cienkich spoin przedstawia tabela 2.8.

- **Zaprawa do cienkich spoin zimowa Ytong-Silka** – stosowana do prac w warunkach zimowych przy temperaturze do -6°C. Jej przygotowanie wymaga dodatku wody i spirytusu technicznego. Osiąga wytrzymałość na ściskanie min. 10 N/mm².

- **Zaprawa do wypełniania ubytków** – zaprawa o wysokiej izolacyjności termicznej, pozwalająca na wypełnianie ubytków w betonie komórkowym Ytong, przy stosowaniu technologii jednowarstwowej ściany.

- **Zaprawa Ytong Panel fix-P** – specjalna zaprawa do wykonywania spoin pionowych w płytach Ytong Panel.

Tabela 2.8. Zużycie zaprawy do cienkich spoin Ytong-Silka

Zużycie na 1 m³	
Bloczki gładkie	Bloczki z piórem i wpustem
17,7 kg	13,3 kg

2.7. Akcesoria Ytong

- **Łącznik do ścian LP 30** – kotwa przeznaczona do łączenia ścian konstrukcyjnych oraz ścian działowych ze ścianami konstrukcyjnymi. Do łączenia ścian działowych ze ścianami konstrukcyjnymi wymagana liczba łączników na jedno połączenie wysokości jednej kondygnacji wynosi minimum 3 szt. Wymiary: szerokość 22 mm, grubość 0,75 mm, długość 300 mm.

- **Zbrojenie do spoin wspornych** – przeznaczone do wzmacniania ścian szczególnie wytężonych (ściany wysokie lub długie), zbrojenia stref podokiennych i włączania do współpracy elementów ocieplenia wieńca. Zbrojenie wykonane jest z płaskownika o wymiarach 1,5 x 8 mm, szerokości 19 cm i długości 3,05 m.

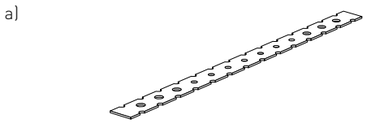
- **Kotwa do ścian szczelinowych PK 31** – przeznaczona do łączenia warstwy nośnej z warstwą elewacyjną.

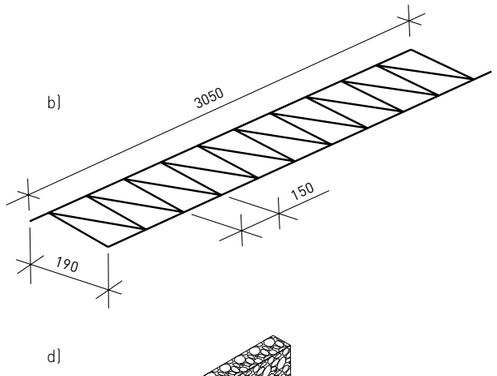
- **Kotwa sprężysta** – kotwa ze stali nierdzewnej, przeznaczona do mocowania płyt Ytong Panel do sufitu. Kotwę montuje się do co drugiej płyty za pomocą gwoździ.

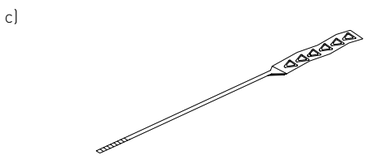
- **Gumowe bloki** – przybite do płyt Ytong Panel zapewniają dylatację od stropu.

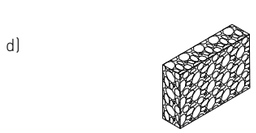
- **Drewniane kliny** – służą do ustawiania płyt Ytong Panel.

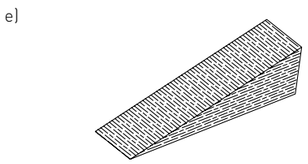
- **Kątownik stalowy** – służy do montowania nadproży w ścianach z płyt Ytong Panel.

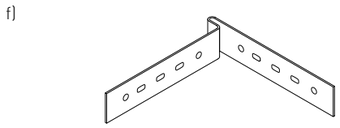


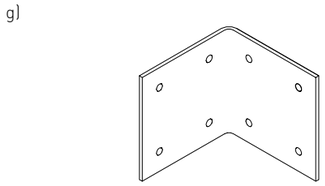












Rys. 2.9. Akcesoria Ytong:
a) łącznik do ścian LP 30
b) zbrojenie do spoin wspornych
c) kotwa PK 31
d) gumowy blok
e) klin drewniany
f) kotwa sprężysta
g) kątownik stalowy

3. Zasady projektowania w systemie Ytong

3.1. Zasady ogólne

Opracowanie projektu architektoniczno-budowlanego budynku w systemie Ytong wymaga, podobnie jak w przypadku innych technologii budowy, wykonania projektu konstrukcyjnego i przeprowadzenia obliczeń statycznych. Wyniki obliczeń konstrukcyjnych muszą być uwzględnione w przyjętych rozwiązaniach wszystkich elementów stanowiących konstrukcję budynku.

Przy projektowaniu ścian konstrukcyjnych z bloczków Ytong obowiązują zasady ogólne projektowania ścian murowanych podane w polskich normach. Podstawę do projektowania stanowi norma PN-EN 1996-1-1.

Ustrój przestrzenny konstrukcji budynku oraz wzajemne powiązanie ścian i stropów powinny zapewnić sztywność przestrzenną całej konstrukcji. Najważniejszą rolę w zapewnieniu sztywności konstrukcji spełniają wieńce żelbetowe, które stężają wszystkie ściany konstrukcyjne w poziomie stropów. Ponadto odpowiednia sztywność konstrukcji może być uzyskana poprzez zastosowanie poprzecznych i podłużnych ścian usztywniających oraz nieprzesuwnych stropów betonowych.

Przerwy dylatacyjne w budynkach z jednowarstwowymi ścianami konstrukcyjnymi z bloczków Ytong wykonywać należy w odległościach nie większych niż 25 m w przypadku ścian z wypełnionymi spoinami pionowymi i 20 m w przypadku ścian murowanych z wykorzystaniem piór i wpustów. Przerwy dylatacyjne powinny przechodzić przez całą konstrukcję budynku od fundamentu po dach. Szerokość pionowych przerw dylatacyjnych nie powinna być mniejsza niż 20 mm, a na terenach objętych działalnością górniczą 50 mm. Przerwy dylatacyjne należy zabezpieczyć przed przedostawaniem się wilgoci za pomocą wkładek elastycznych lub kitu trwale plastycznego. Przez fundament przerwy dylatacyjne prowadzi się, w przypadku gdy wymagają tego warunki gruntowe (duże różnice w nośności gruntu pod budynkiem), a także przy występowaniu znacznych różnic w obciążeniach fundamentów (np. przy skokowo zmiennej wysokości budynku).

Część szczegółów architektoniczno-budowlanych w systemie Ytong jest typowa i może być stosowana jako standardowe detale projektowe.

Standardowe detale projektowe dotyczą następujących elementów budynku:
- oparcie ścian na fundamentach,
- ściany piwnic wraz z częścią cokołową,
- detale ścian nadziemnych,
- detale ścian wypełniających,
- nadproża okienne i drzwiowe,
- oparcia stropów na ścianie zewnętrznej i wewnętrznej, rozwiązania wieńców stropowych,
- balkony i tarasy,
- detale dachów skośnych i rozwiązania ścianek kolankowych,
- detale stropodachów pełnych i dwudzielnych.

Stosowanie standardowych detali architektoniczno-budowlanych w systemie Ytong pozwala na znaczne usprawnienie prac projektowych, uniknięcie błędów w stosowaniu rozwiązań systemowych i zachowanie koordynacji wymiarowej, a co za tym idzie znaczną oszczędność materiałów.

3.2. Przyziemie budynku

Warunki gruntowe

Grunt budowlany, na którym posadowiony jest budynek, przejmuje za pośrednictwem fundamentów wszystkie obciążenia działające na budynek oraz jego ciężar. Grunty budowlane rzadko stanowią jednorodną warstwę, tworząc zwykle uwarstwienia różnych rodzajów gruntu o odmiennych właściwościach. Podstawą wyboru materiałów i projektu fundamentów budynku, głębokości posadowienia, rodzaju izolacji przeciwwodnych itp. jest opinia geotechniczna.

Przed przystąpieniem do projektowania fundamentów należy określić:
- **Rodzaj gruntu** – najlepsze podłoże do posadowienia fundamentów stanowią skały lite, ponieważ wówczas praktycznie nie istnieje zjawisko osiadania gruntu. Dobre podłoże pod posadowienie

budynków stanowią również grunty kamieniste i żwirowe, które są mało ściśliwe i nie występuje w nich włoskowate podciąganie wody. Grunty piaszczyste są dobrze przepuszczalne dla wody, ale włoskowate podciąganie wody wzrasta tym bardziej, im mniejsze jest uziarnienie gruntu. Grunty sypkie osiadają bezpośrednio po pełnym obciążeniu fundamentów – osiadanie ustaje po zakończeniu budowy. W przypadku gruntów spoistych osiadanie jest długotrwałe (nawet do kilku lat), bywa nierównomierne i polega na wypieraniu zawartej w nich wody. Ponadto są to grunty wysadzinowe – zwiększające objętość po zamarznięciu zawartej w nich wody.

- **Nośność** – ze względu na bezpieczeństwo budowli określa się obciążenie dopuszczalne (mniejsze od pełnej nośności gruntu). Obciążenie gruntu powoduje odkształcenia nazywane osiadaniem (zagęszczenie gruntu, odkształcenie ziaren, wypieranie wody, wypychanie gruntu w górę i na boki).
- **Głębokość przemarzania** – zamarzanie cząsteczek wody znajdującej się w gruncie powoduje zwiększenie objętości wody, w efekcie grunt zaczyna pęcznieć i wysadzać spoczywające na nim elementy ku górze, powodując uszkodzenia podłóg na gruncie oraz przesunięcia fundamentów i murów piwnic. W Polsce głębokość przemarzania gruntu wynosi od 0,8 do 1,2 m.
- **Warunki wodne** – poziom wody gruntowej, występowanie wód zaskórnych oraz kierunki przepływu wody gruntowej i stopień jej agresywności.

Fundamenty budynku

Zadaniem fundamentu jest przekazanie na grunt ciężaru budynku i wszystkich obciążeń oddziałujących na niego (ciężar ludzi, sprzętów, obciążenia śniegiem i wiatrem itd.). Przed przystąpieniem do projektowania fundamentów konieczna jest znajomość obciążenia działającego za pośrednictwem fundamentu na grunt.
Rozpoczęcie wykonywania fundamentów wymaga usunięcia wierzchniej warstwy gruntu, zwanego ziemią roślinną lub humusem (warstwa humusu ma zazwyczaj grubość kilkudziesięciu centymetrów). Fundament powinien być stawiany na nienaruszonym gruncie rodzimym, którego nośność wynosi co najmniej 0,10 MPa, około 5 cm poniżej strefy przemarzania.

Rozwiązania projektowe fundamentów i przyziemia powinny zabezpieczać budynek w sposób absolutnie niezawodny. Wszelkie późniejsze poprawki są bardzo pracochłonne i kosztowne.

Fundamenty mogą być wykonane z różnych materiałów, jednak najczęściej wykonuje się fundamenty betonowe lub żelbetowe. Z zastosowanym materiałem wiąże się kształt i proporcje ław fundamentowych.

- **Fundamenty betonowe** – cechuje je prostota wykonania i możliwość prowadzenia robót poniżej poziomu wody gruntowej. Do wykonania ław używa się betonu klasy co najmniej C16/20. W ławach betonowych stosuje się zwykle tylko zbrojenie podłużne z prętów ∅ 12 ÷ ∅ 16 mm, ze strzemionami ∅ 6 mm co 30 cm. Naprężenia w betonie rozchodzą się pod kątem zbliżonym do 45° i z tego względu wysokość ławy betonowej powinna być nie mniejsza niż szerokość jednostronnej odsadzki fundamentu.
- **Fundamenty żelbetowe** – stosuje się pod budowlami o dużym obciążeniu. Zastosowanie zbrojenia poprzecznego umożliwia wykonanie ław o znacznie mniejszej wysokości niż wymagałaby tego ława betonowa w tych samych warunkach.

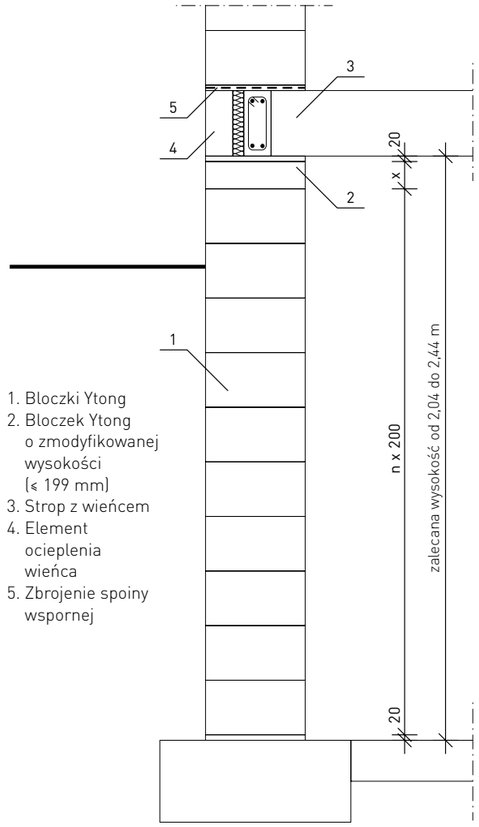
W systemie Ytong ściany piwnic muruje się z bloczków z gładkimi powierzchniami bocznymi i wypełnionymi zaprawą spoinami pionowymi.
Ściany piwnic mogą być również wykonywane z innych materiałów ściennych, np. z bloków Silka, z pustaków betonowych lub jako ściany betonowe monolityczne, zbrojone przeciwskurczowo.
W budynkach niepodpiwniczonych ściany fundamentowe z reguły wykonuje się jako ściany betonowe lub ściany z bloków Silka E24S z wypełnieniem spoin pionowych. Warstwy podłogi na gruncie należy projektować na warstwie dobrze zagęszczonej podsypki z grubego piasku lub żwiru o grubości nie mniejszej niż 0,30 m.

Izolacje przeciwwodne

Zastosowanie bloczków Ytong do wykonywania ścian piwnic wymaga starannego wykonania zabezpieczeń wodochronnych z materiałów dobrej jakości. Zaletą takiego rozwiązania jest jednolita technologia wykonywania ścian bez konieczności dodatkowego ocieplenia.
Izolacje przeciwwodne w strefie przyziemia budynku powinny stanowić ciągły i szczelny układ jedno- lub wielowarstwowy, trwale zabezpieczający budynek od wody. Naroża powierzchni izolowanych powinny być zaokrąglone o promieniu wynoszącym około 5 cm lub sfazowane pod kątem 45°.

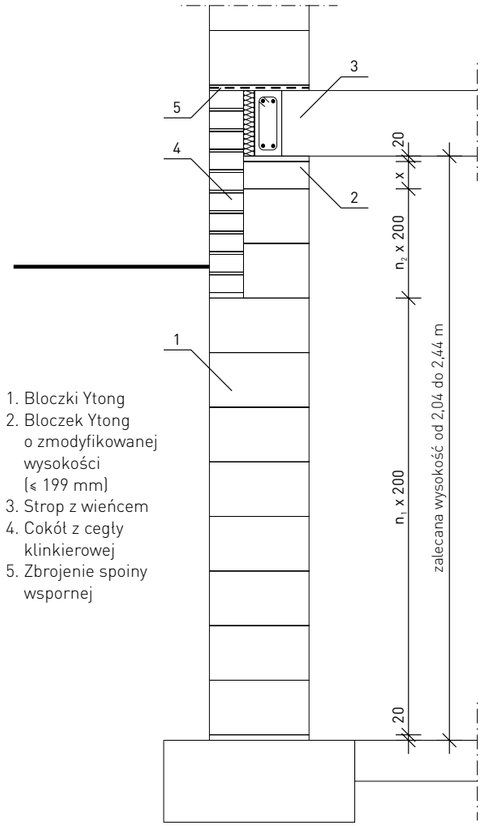
- **Izolacja pozioma** zapobiega kapilarnemu podciąganiu wilgoci z gruntu. Stosuje się ją zwykle na dwóch poziomach. Dolną izolację poziomą układa się na ławie fundamentowej pod ścianami piwnicznymi, łącząc ją z izolacją poziomą posadzki piwnicy. Górną izolację poziomą układa się na ścianie pod wieńcem stropu. W budynku niepodpiwniczonym warstwę izolacji poziomej wykonuje się na ścianie fundamentowej pod stojącą na niej ścianą parteru oraz na całej powierzchni podłogi na gruncie. W przypadku wykonywania izolacji poziomej podłogi na gruncie w poziomie piwnicy z papy lub podobnego materiału o stosunkowo niskim współczynniku tarcia, potrzebne jest zabezpieczenie ściany z bloczków Ytong przed poślizgiem wywołanym parciem gruntu. Zabezpieczenie takie zwykle wykonuje się w postaci warstwy chudego betonu grubości co najmniej 80 mm powyżej górnego poziomu fundamentu.
- **Izolacja pionowa** zapobiega przenikaniu wilgoci (izolacja przeciwwilgociowa) lub wody (izolacja przeciwwodna) z gruntu przez zewnętrzne ściany piwniczne. Izolacja pionowa powinna być zabezpieczona przed uszkodzeniami mechanicznymi związanymi z naporem ziemi zasypowej i przed uszkodzeniami w strefie cokołowej. Zabezpieczenie takie może stanowić materiał termoizolacyjny do stosowania na styku z gruntem (na zewnętrznej stronie izolacji przeciwwodnej) lub dystansowa membrana polietylenowa.

Przedstawione na rysunkach szczegóły rozwiązań standardowych w systemie Ytong ograniczono do przypadków posadowienia budynków powyżej maksymalnego poziomu wody gruntowej. Inne posadowienia wymagają indywidualnych rozwiązań izolacji wodochronnej zarówno fundamentów, jak i ścian piwnic.



1. Bloczki Ytong
2. Bloczek Ytong o zmodyfikowanej wysokości (≤ 199 mm)
3. Strop z wieńcem
4. Element ocieplenia wieńca
5. Zbrojenie spoiny wspornej

Rys. 3.2.1. Schemat rozmieszczenia bloczków Ytong w ścianie piwnic z cokołem tynkowanym



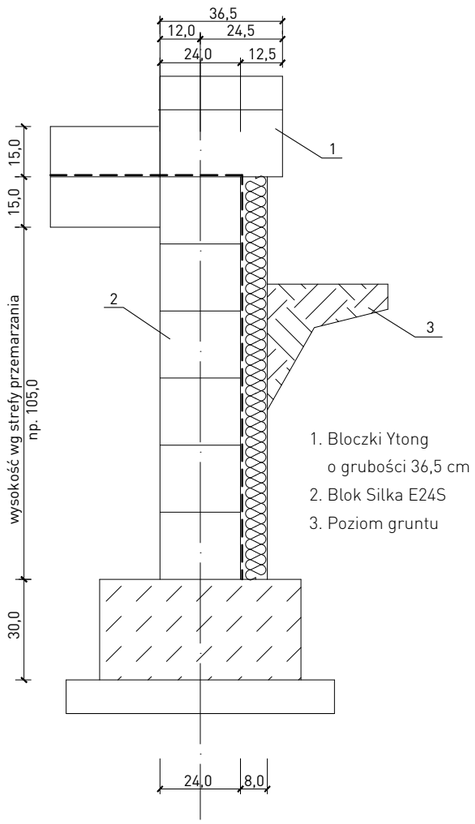
1. Bloczki Ytong
2. Bloczek Ytong o zmodyfikowanej wysokości (≤ 199 mm)
3. Strop z wieńcem
4. Cokół z cegły klinkierowej
5. Zbrojenie spoiny wspornej

Rys. 3.2.2. Schemat rozmieszczenia bloczków Ytong w ścianie piwnic z cokołem z cegły klinkierowej

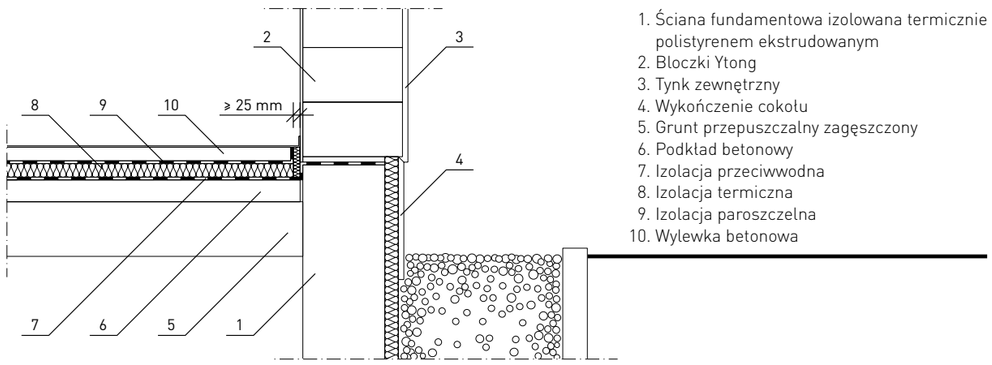
Cokół budynku
Zabezpieczenie przed zawilgoceniem w strefie cokołowej mogą stanowić specjalne tynki cokołowe, wodoszczelne i mrozoodporne płyty cokołowe, np. z kamienia lub betonu, lub obmurówka z cegły klinkierowej. Zabezpieczenie cokołu przed odpryskującą wodą deszczową należy wykonywać do wysokości nie mniejszej niż 0,3 m nad poziomem terenu.
Nadwieszenie muru nad cokołem, liczone od krawędzi wieńca żelbetowego, nie powinno przekraczać 1/3 grubości muru.

Opaska wokół budynku
Powierzchnię terenu wokół budynku należy tak ukształtować, aby zapewnić swobodny spływ wody opadowej od budynku. W tym celu dookoła budynku należy wykonać opaskę z płytek betonowych. Innym rozwiązaniem jest opaska żwirowa wokół budynku oraz przepuszczalny zasyp z grubego piasku lub żwiru z drenażem opaskowym na poziomie ław fundamentowych.

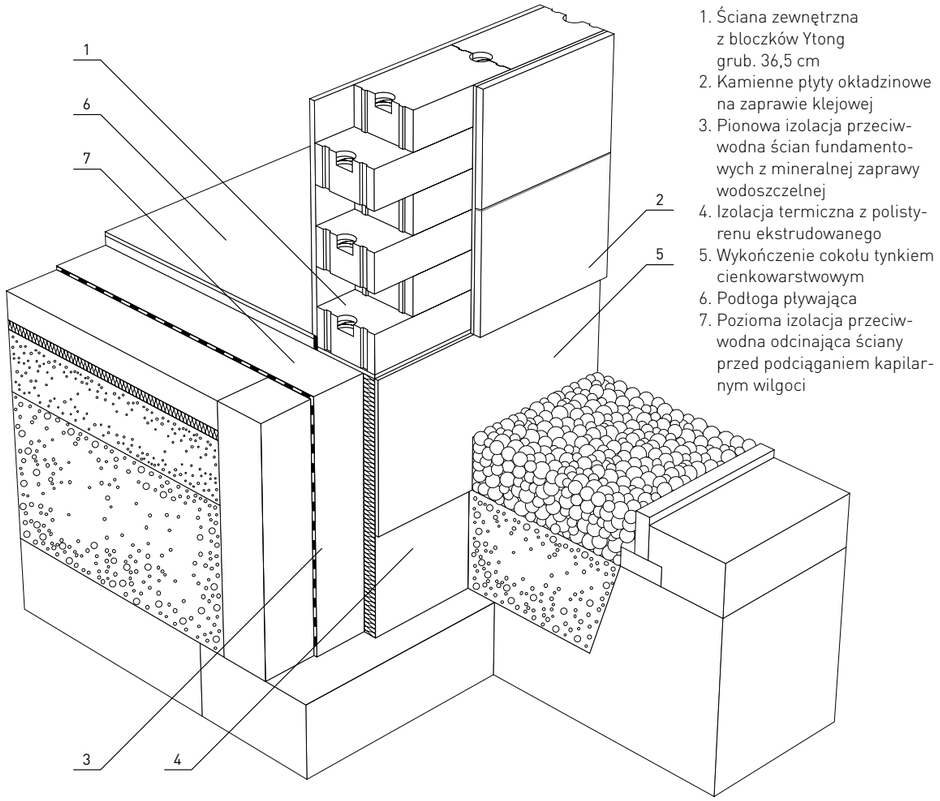
Oparcie ściany jednowarstwowej na fundamencie
Ściana jednowarstwowa pełni jednocześnie funkcje nośną oraz izolacji. Z tego powodu jest w porównaniu do ściany przewidzianej pod ocieplenie na ogół grubsza. Grubość fundamentu powinna być tak dobrana, aby ściana nie wystawała więcej niż 1/3 grubości poza fundament.



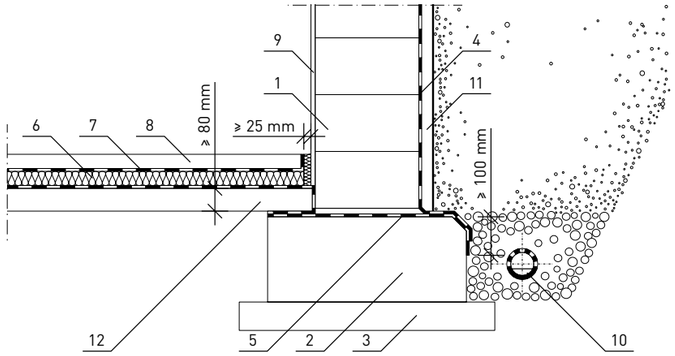
Rys. 3.2.3. Oparcie ściany jednowarstwowej na fundamencie



Rys. 3.2.4. Połączenie ściany zewnętrznej z bloczków Ytong ze ścianą fundamentową i podłogą na gruncie

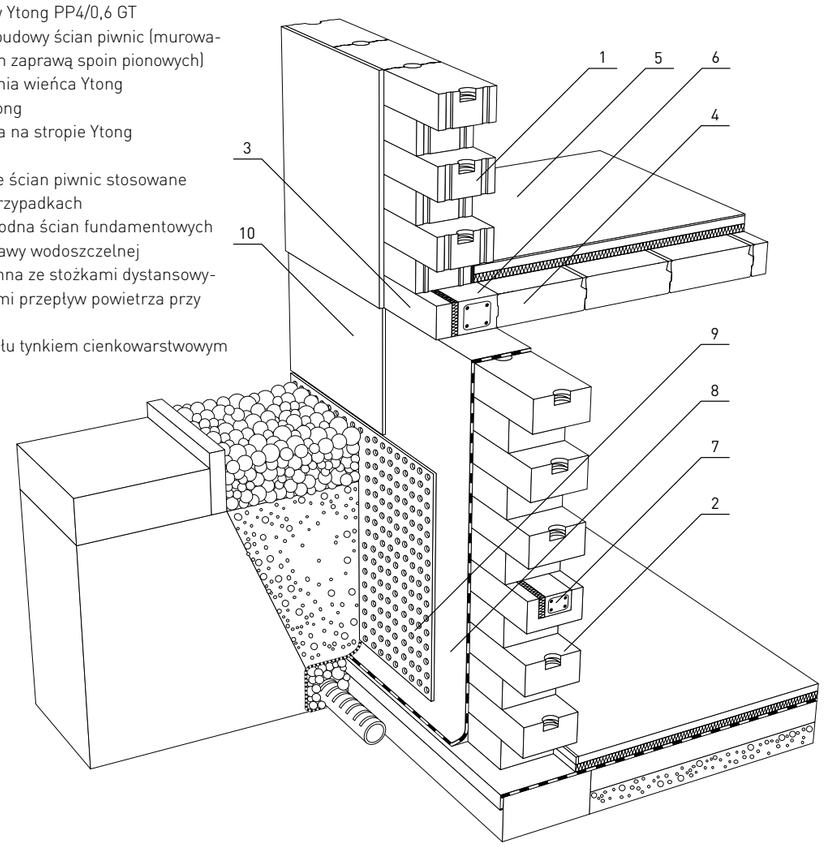


Rys. 3.2.5. Przyziemie budynku niepodpiwniczonego z podłogą na gruncie, wykonanego w technologii Ytong

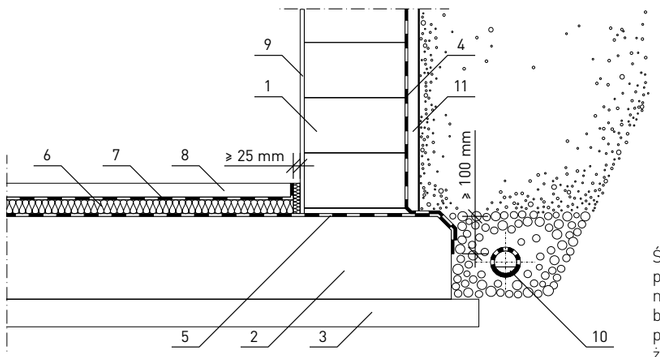


Rys. 3.2.6. Oparcie ściany piwnicznej z bloczków Ytong na ławie fundamentowej

1. Ściana z bloczków Ytong grub. 36,5 cm łączonych na pióro i wpust (bez wypełniania zaprawą spoin pionowych)
2. Ściana z bloczków Ytong PP4/0,6 GT grub. 36,5 cm do budowy ścian piwnic (murowanie z wypełnianiem zaprawą spoin pionowych)
3. Element docieplenia wieńca Ytong
4. Płyty stropowe Ytong
5. Podłoga pływająca na stropie Ytong
6. Wieniec stropu
7. Zbrojenie poziome ścian piwnic stosowane w szczególnych przypadkach
8. Izolacja przeciwwodna ścian fundamentowych z mineralnej zaprawy wodoszczelnej
9. Membrana ochronna ze stożkami dystansowymi umożliwiającymi przepływ powietrza przy licu ściany
10. Wykończenie cokołu tynkiem cienkowarstwowym



Rys. 3.2.7. Przyziemie podpiwniczonego budynku wykonanego w technologii Ytong

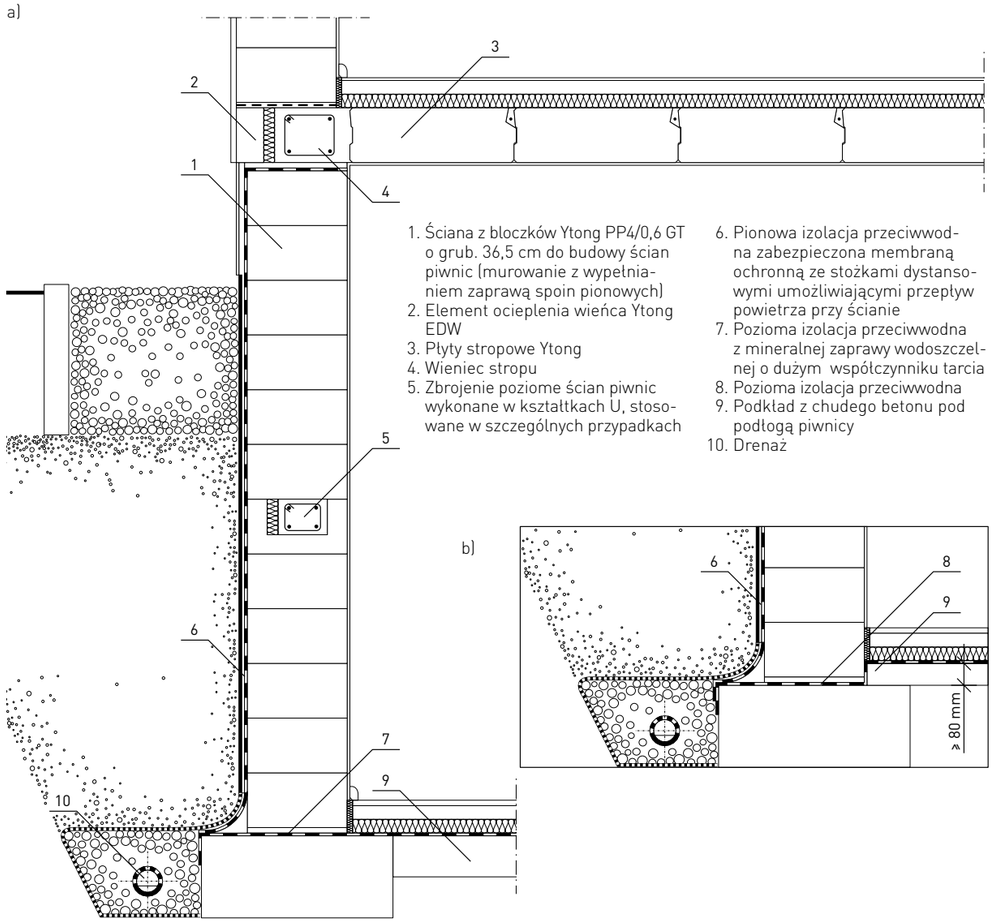


1. Bloczki Ytong
2. Płyta fundamentowa
3. Chudy beton
4. Izolacja przeciwwodna pionowa
5. Izolacja przeciwwodna pozioma
6. Izolacja termiczna
7. Izolacja paroszczelna
8. Wylewka betonowa
9. Tynk wewnętrzny
10. Drenaż (gdy jest wymagany)
11. Osłona izolacji pionowej

Ściany piwnic powinno się zabezpieczyć przed poślizgiem po izolacji poziomej ułożonej na fundamencie przez wykonanie posadzki betonowej o grubości min. 80 mm lub zabezpieczenia mechanicznego w postaci progu żelbetowego lub stalowego.

Rys. 3.2.8. Oparcie ściany piwnicznej z bloczków Ytong na płycie fundamentowej

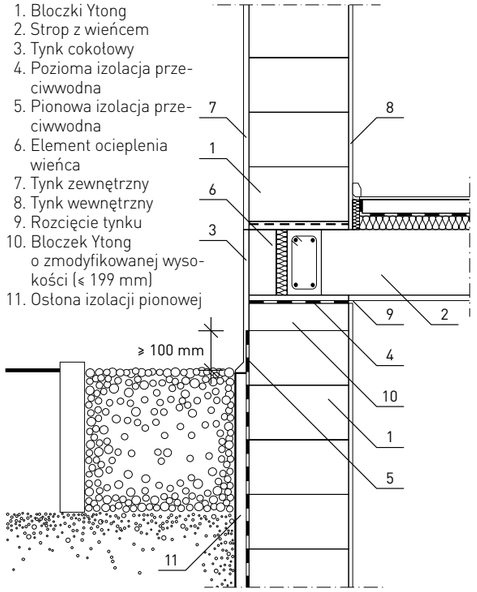
a)



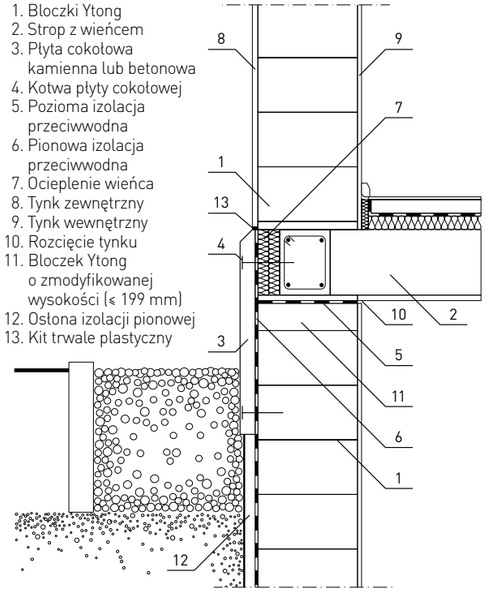
1. Ściana z bloczków Ytong PP4/0,6 GT o grub. 36,5 cm do budowy ścian piwnic (murowanie z wypełnianiem zaprawą spoin pionowych)
2. Element ocieplenia wieńca Ytong EDW
3. Płyty stropowe Ytong
4. Wieniec stropu
5. Zbrojenie poziome ścian piwnic wykonane w kształtkach U, stosowane w szczególnych przypadkach
6. Pionowa izolacja przeciwwodna zabezpieczona membraną ochronną ze stożkami dystansowymi umożliwiającymi przepływ powietrza przy ścianie
7. Pozioma izolacja przeciwwodna z mineralnej zaprawy wodoszczelnej o dużym współczynniku tarcia
8. Pozioma izolacja przeciwwodna
9. Podkład z chudego betonu pod podłogą piwnicy
10. Drenaż

b)

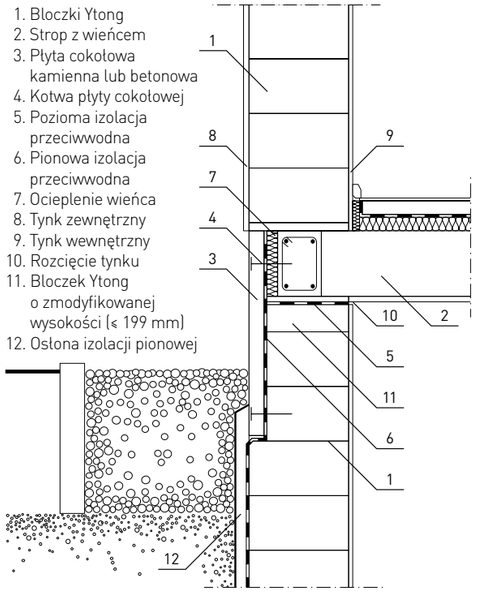
Rys. 3.2.9. Zabezpieczenie ściany piwnicznej z bloczków Ytong przed poślizgiem od parcia gruntu:
a) przez zastosowanie poziomej izolacji przeciwwodnej z mineralnej zaprawy wodoszczelnej o dużym współczynniku tarcia
b) przez zastosowanie podkładu podłogowego z chudego betonu ponad wierzchnią warstwą fundamentu



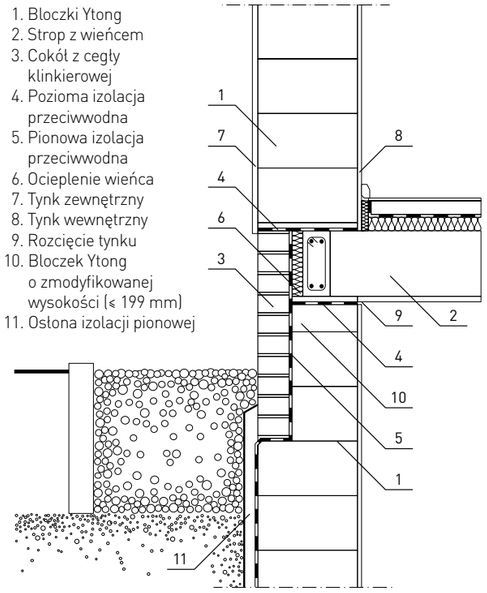
Rys. 3.2.10. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z cokołem wykończonym tynkiem cokołowym



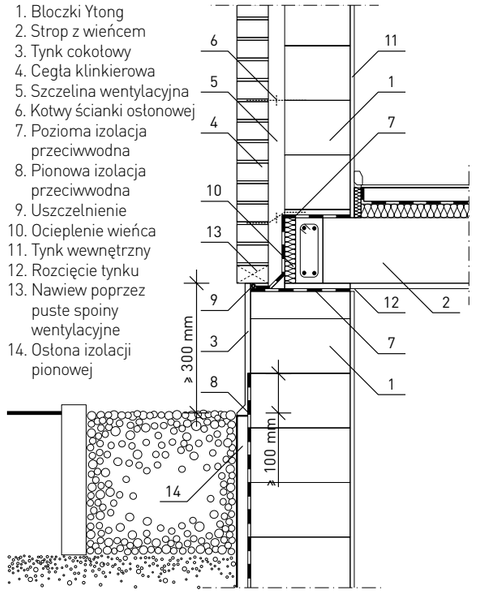
Rys. 3.2.11. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z cokołem wykończonym płytą kamienną lub betonową przed licem ściany



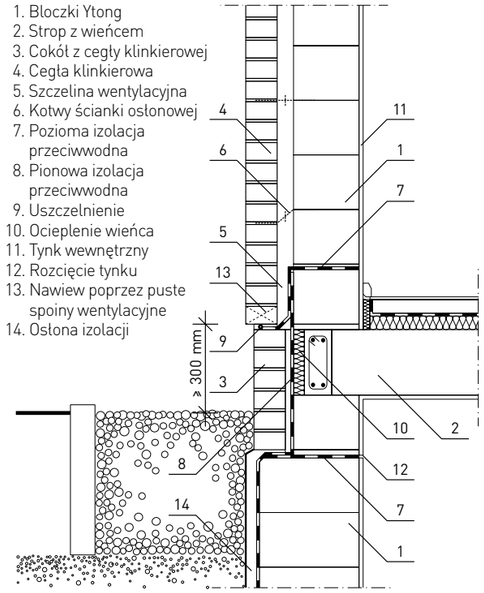
Rys. 3.2.12. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z cokołem wykończonym płytą kamienną lub betonową w licu ściany



Rys. 3.2.13. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z cokołem z cegły klinkierowej



Rys. 3.2.14. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z cokołem wykończonym tynkiem cokołowym i ścianą szczelinową parteru



Rys. 3.2.15. Ściana piwniczna z bloczków Ytong z niskim cokołem z cegły klinkierowej i ścianą szczelinową parteru

Cokół w budynku ze ścianami szczelinowymi

Ściana osłonowa kondygnacji nadziemnej wykonana ze spoinowanej cegły klinkierowej lub z elewacyjnych cegieł silikatowych powinna posiadać szczelinę wentylacyjną o szerokości 4 cm, która zaczyna się ponad cokołem budynku. Otwory wlotowe wentylacji wykonuje się najczęściej jako niewypełnione zaprawą pionowe spoiny pomiędzy cegłami. Szczelina wentylacyjna posiada u podstawy zabezpieczenie przeciwwodne wywinięte na wewnętrzną ścianę konstrukcyjną.

Cokół poniżej wentylowanej ściany osłonowej można wykonać na dwa sposoby: z bloczków Ytong o większej szerokości – pozwalającej na oparcie ściany osłonowej, lub jako ścianę osłonową przymurowaną do warstwy konstrukcyjnej bez pozostawienia szczeliny wentylacyjnej.

Nadwieszenie muru nad cokołem, liczone od krawędzi wieńca betonowego, nie powinno przekraczać 1/3 grubości muru.

3.3. Ściany nadziemne

Ściany zewnętrzne w budynku dzielą się na:

- **Nośne** (konstrukcyjne) – przenoszą obciążenia pionowe (od dachów, stropów, balkonów) i poziome (od wiatru) oraz przekazują je na ławy fundamentowe.
- **Nienośne** (wypełniające lub osłonowe) – z pionowych obciążeń przenoszą tylko swój ciężar, mogą też pełnić rolę dodatkowego usztywnienia.

Ściany wewnętrzne w budynku dzielą się na:

- **Nośne** – przenoszą obciążenia od stropów i przekazują je na ławy fundamentowe.
- **Działowe** – dzielą większe pomieszczenia (wynikające z układu ścian konstrukcyjnych budynku) na mniejsze. Przenoszą tylko swój ciężar i stanowią obciążenie dla stropu, na którym stoją.

Izolacyjność cieplna ścian zewnętrznych

Wymagania wobec ścian zewnętrznych budynku dotyczą w pierwszym rzędzie izolacyjności cieplnej. Prawo budowlane określa, że budynki i instalacje w budynkach powinny być zaprojektowane tak, aby ilość energii cieplnej potrzebnej do ogrzania była utrzymana na racjonalnie niskim poziomie.

Dla budynków jednorodzinnych oblicza się:
- współczynnik przenikania ciepła dla ścian *U* [W/(m²K)] (w poprzednich normach oznaczany literą k),
- wartości graniczne EP – wskaźnika rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną.

Wysoka izolacyjność termiczna bloczków Ytong umożliwia osiągnięcie wymaganych wartości współczynnika *U* bez żadnej dodatkowej warstwy izolacji. Więcej o izolacyjności termicznej ścian z bloczków Ytong w dziale 5. Fizyka budowli.

Ściany zewnętrzne jednowarstwowe

We współczesnym budownictwie dominują takie rozwiązania ścian zewnętrznych, w których rozdzielono funkcję izolacji termicznej od funkcji przenoszenia obciążeń. Rozdzielenie takie wynika z różnych właściwości materiałów:
- materiały o dobrych właściwościach termoizolacyjnych mają na ogół małą wytrzymałość,
- materiały o dużej wytrzymałości konstrukcyjnej, o zwartej strukturze, dobrze przewodzą ciepło, przez co źle izolują wnętrze.

Bloczki ścienne Ytong, dzięki właściwościom betonu komórkowego, pozwalają na połączenie funkcji konstrukcji i termoizolacji. W systemie Ytong ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych z reguły projektowane są jako ściany jednorodne materiałowo, o grubości muru równej szerokości bloczka – 48 cm, 40 cm i 36,5 cm. Do ścian takich stosuje się bloczki typu Ytong Energo+ PP2/0,3, Energo PP2/0,35 i Forte PP2,5/0,4.

Przykładowo dla ściany jednowarstwowej z bloczków Ytong Energo+ współczynnik przenikania ciepła *U* wynosi:
- przy grubości ściany wynoszącej 48 cm: $U = 0{,}17$ W/(m²K)
- przy grubości ściany wynoszącej 36,5 cm: $U = 0{,}23$ W/(m²K)

Do ścian zewnętrznych w części nadziemnej budynku stosowane są bloczki o dużej dokładności wymiarowej, przeznaczone do murowania na zaprawie klejowej do cienkich spoin. Czoła bloczków wyprofilowane na pióro i wpust pozwalają na murowanie bez spoin pionowych. Dodatkowo w bloczkach wyfrezowane są uchwyty montażowe, które znacznie ułatwiają przenoszenie i ustawianie elementów. Zastosowanie cienkowarstwowej zaprawy minimalizuje wpływ powstawania w spoinach mostków termicznych oraz zmniejsza koszty budowy. Jednorodne ściany zewnętrzne w systemie Ytong wykańczane są tynkiem mineralnym.

W ścianach jednowarstwowych wieńce żelbetowe osłania się od zewnątrz elementem ocieplenia wieńca (Ytong EDW lub Multipor EDW). Dzięki niemu ograniczony jest wpływ mostka termicznego oraz powstaje jednolita powierzchnia ściany zewnętrznej, gotowa do tynkowania. Element ocieplenia wieńca zaburza równomierny przekaz obciążenia z górnej kondygnacji na dolną i powoduje koncentrację naprężeń, która może być powodem powstania w ścianie rysy pionowej w strefie nad warstwą ocieplającą. Aby przeciwdziałać powstaniu rysy, należy ułożyć w spoinie nad stropem fabryczne zbrojenie kratownicowe do spoin wspornych, stanowiące element uzupełniający system Ytong. Element ocieplenia Ytong EDW, w odróżnieniu od elementów Multipor EDW, może być traktowany jako podparcie podwieszonej ściany na grubości warstwy betonu komórkowego (50,75 lub 100 mm).

Ściany wewnętrzne

Na ścianie wewnętrznej wieniec żelbetowy sięga na całą szerokość ściany. Przekaz obciążenia z górnej kondygnacji następuje tu w sposób równomierny i nie ma potrzeby zbroić poprzecznie spoiny wspornej.

Ściany rozdzielające mieszkania lub segmenty zabudowy szeregowej

Ściany między mieszkaniami oraz ściany oddzielające segmenty w zabudowie szeregowej zaleca się projektować jako ściany podwójne z izolacją akustyczną z wełny mineralnej w szczelinie między dwoma warstwami. Szczelina akustyczna powinna być ciągła i sięgać poziomu posadowienia.

Otwory okienne

Aby zapobiec pojawieniu się rysy w strefie pod narożem otworów okiennych, zaleca się w spoinie pod ostatnią warstwą bloczków w murze podokiennym, na całej jego długości, układać zbrojenie do spoin wspornych lub w wyżłobieniach wypełnionych zaprawą 2 pręty Ø 6. Zbrojenie i pręty Ø 6 należy przedłużyć poza otwór okienny o 0,5 m z każdej strony. W przypadku obciążenia filara międzyokiennego przekraczającego 0,7 jego nośności takie zbrojenie należy również ułożyć na ostatniej warstwie bloczków.

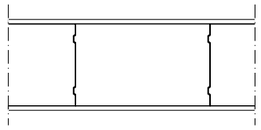
Nadproża okienne w systemie Ytong omówione są w odrębnym rozdziale.

Standardowym rozwiązaniem w systemie Ytong jest ściana jednorodna, mimo tego możliwe jest również wykonywanie ścian zewnętrznych z bloczków Ytong jako ścian warstwowych.

Ściany jednowarstwowe (jednorodne materiałowo)
- Bloczki z betonu komórkowego Ytong grub. 36,5 cm (rys. a)
- Bloczki z betonu komórkowego Ytong grub. 48 cm (rys. b)

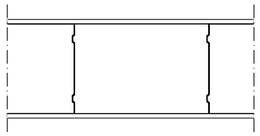
Rozwiązanie najczęściej stosowane ze względu na właściwości termoizolacyjne betonu komórkowego

a)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki z betonu komórkowego Ytong 36,5 cm
- tynk zewn. mineralny ≥ 1,5 cm

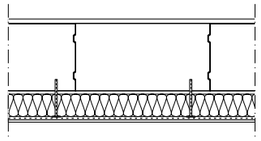
b)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki z betonu komórkowego Ytong 48 cm
- tynk zewn. mineralny ≥ 1,5 cm

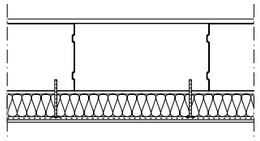
Ściany z ociepleniem (technologia lekka-mokra)
- Izolacja z płyt Multipor (rys. a)
- Izolacja z fasadowej odmiany wełny skalnej (rys. b)

a)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki Ytong 24 cm
- zaprawa lekka Multipor + kołki rozporowe
- płyta Multipor 10 cm
- zaprawa lekka Multipor z zatopioną siatką zbrojącą
- cienkowarstwowy tynk mineralny

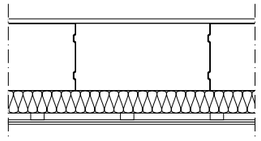
b)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki Ytong 24 cm
- zaprawa klejowa + kołki rozporowe
- fasadowa wełna skalna 10 cm
- zaprawa klejowa z wtopioną siatką zbrojącą
- cienkowarstwowy tynk mineralny

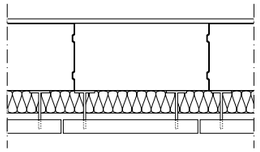
Ściany z ociepleniem (elewacje wentylowane)
- Okładziny ścienne typu siding (rys. c)
- Płyty elewacyjne
- Blachy profilowane
- Płyty kamienne i aglomarmury (rys. d)

c)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki Ytong 24 cm
- wełna szklana 10 cm / metalowy ruszt z profili „Z"
- drewniany ruszt wsporczy 4 x 5 cm
- okładzina typu siding lub panele

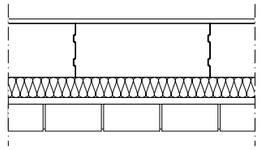
d)



- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- bloczki Ytong 24 cm
- wełna szklana 10 cm / regulowane kotwy dystansowe
- szczelina powietrzna 4 cm
- elewacyjne płyty kamienne 2 cm

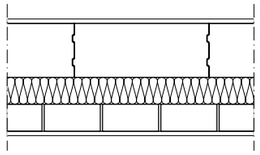
Ściany szczelinowe
- Ściana szczelinowa z dodatkową szczeliną wentylacyjną (rys. a)
- Ściana szczelinowa wypełniona materiałem termoizolacyjnym (rys. b)

a)



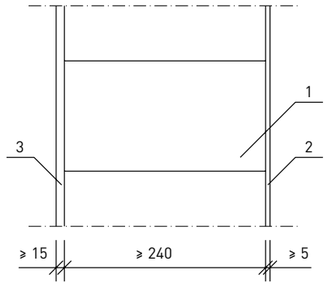
- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- ściana konstrukcyjna z bloczków z betonu komórkowego Ytong 24 cm
- wełna szklana 8 cm
- szczelina powietrzna 4 cm
- spoinowana cegła klinkierowa 12 cm

b)



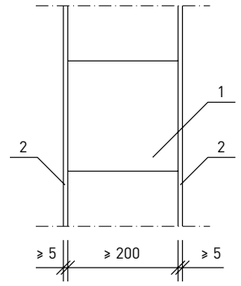
- tynk wewn. mineralny ≥ 0,5 cm
- ściana konstrukcyjna z bloczków z betonu komórkowego Ytong 24 cm
- wełna szklana 12 cm
- cegła wapienno-piaskowa Silka 12 cm
- tynk zewn. mineralny ≥ 1,5 cm

Rys. 3.3.1. Zestawienie technologii budowy ścian zewnętrznych opartych na ścianie murowanej z bloczków z betonu komórkowego Ytong



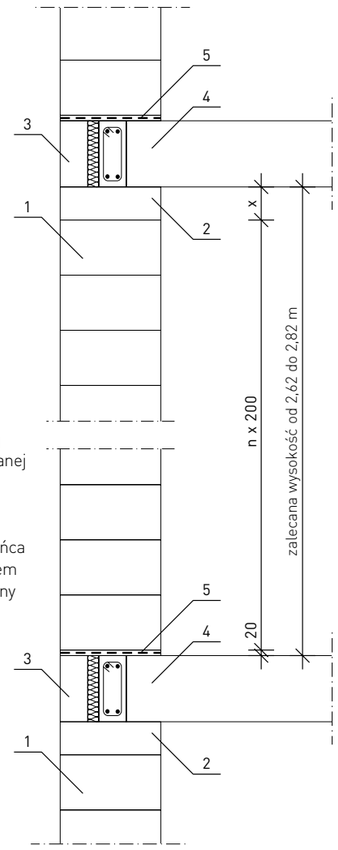
1. Bloczki Ytong
2. Tynk wewnętrzny
3. Tynk zewnętrzny

Rys. 3.3.2. Jednowarstwowa ściana zewnętrzna z bloczków Ytong

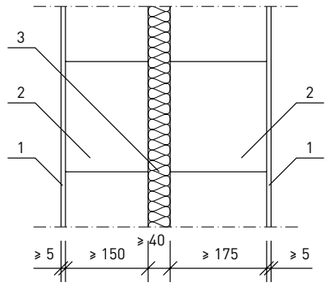


1. Bloczki Ytong
2. Tynk wewnętrzny

Rys. 3.3.4. Ściana wewnętrzna z bloczków Ytong

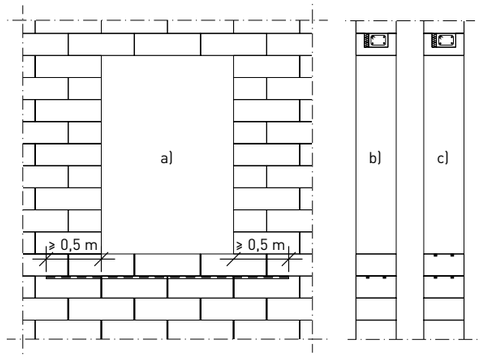


Rys. 3.3.3. Schemat rozmieszczenia bloczków Ytong w ścianie kondygnacji nadziemnej



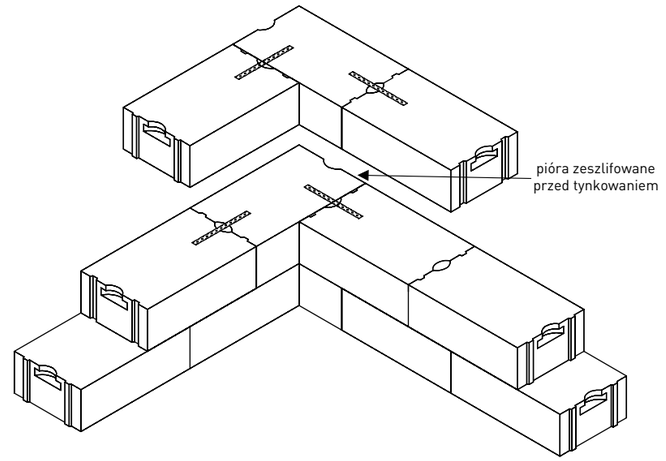
1. Tynk wewnętrzny
2. Bloczki Ytong
3. Izolacja z wełny mineralnej

Rys. 3.3.5. Rozwiązanie szczeliny dylatacyjnej pomiędzy ścianami wewnętrznymi z bloczków Ytong

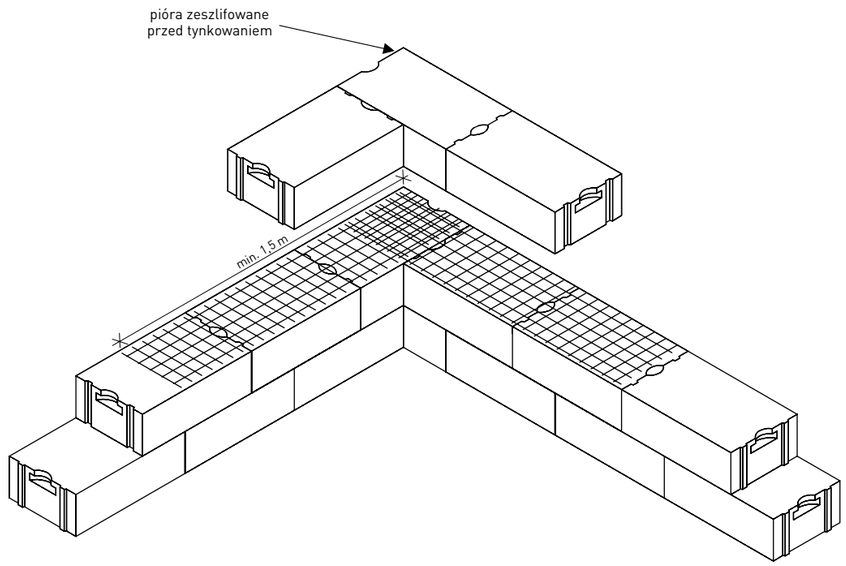


Rys. 3.3.6. Schemat zbrojenia ścianki podokiennej:
a) widok ściany
b) przekrój ze zbrojeniem w jednej warstwie
c) przekrój ze zbrojeniem w dwóch warstwach
Alternatywnie do zbrojenia podokiennego w zaznaczonej strefie można zastosować wypełnienie spoiny pionowe.

a)



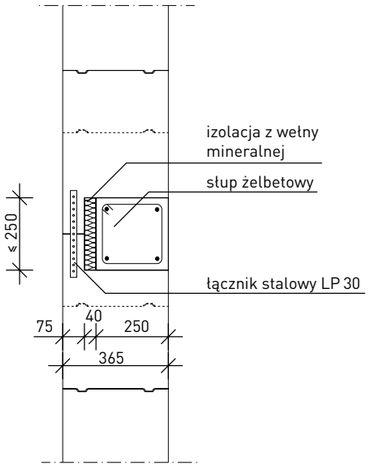
b)



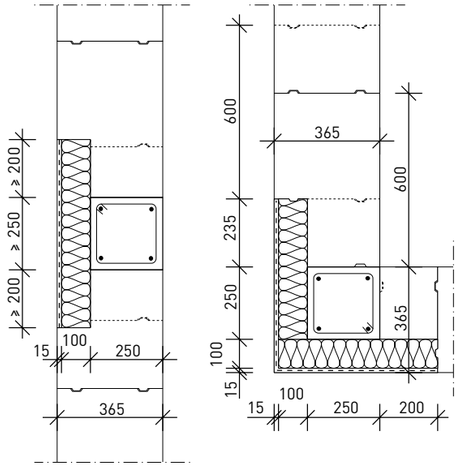
Rys. 3.3.7. Wiązanie ścian zewnętrznych z bloczków Ytong w narożniku:
a) przy użyciu łączników LP 30
b) przy użyciu siatki zbrojącej

Słupy żelbetowe w ścianach z bloczków Ytong
Wykonuje się je w odpowiednio wyprofilowanych i połączonych ze sobą bloczkach, stanowiących w ten sposób z trzech stron deskowania dla słupa. Kiedy słupy występują w jednorodnych ścianach zewnętrznych z bloczków Ytong, należy osłonić je od zewnątrz wełną mineralną lub styropianem.

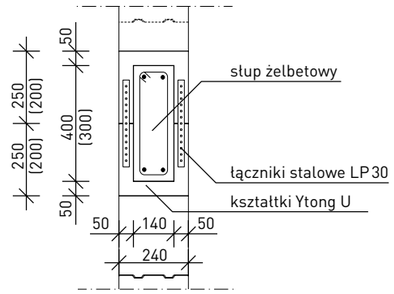
Słupy o niedużym przekroju zaleca się wykonywać w kształtkach U. Unika się w ten sposób deskowania słupów, co znacznie usprawnia pracę i pozwala uzyskać jednolitą powierzchnię ściany, przydatną do tynkowania bez dodatkowych robót.



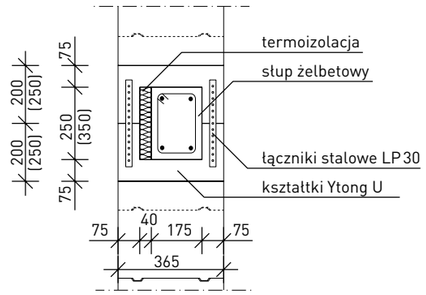
Rys. 3.3.8. Żelbetowy słup z wkładką termoizolacyjną w bruździe zewnętrznej ściany z bloczków Ytong



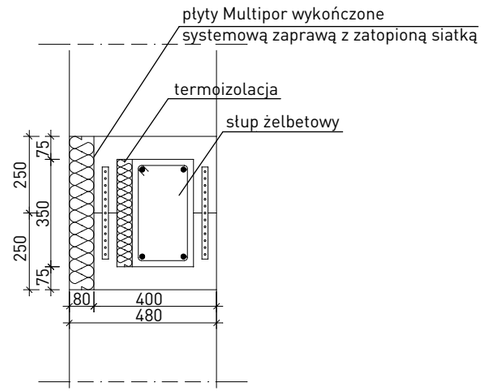
Rys. 3.3.9. Żelbetowe słupy konstrukcyjne ocieplone od zewnątrz płytą Multipor w zewnętrznej ścianie z bloczków Ytong



Rys. 3.3.10. Żelbetowy słup wzmacniający w ścianie wewnętrznej z bloczków Ytong wykonany w traconym deskowaniu z kształtek U



Rys. 3.3.11. Żelbetowy słupek wzmacniający w ścianie zewnętrznej z bloczków Ytong wykonany w traconym deskowaniu z kształtek U



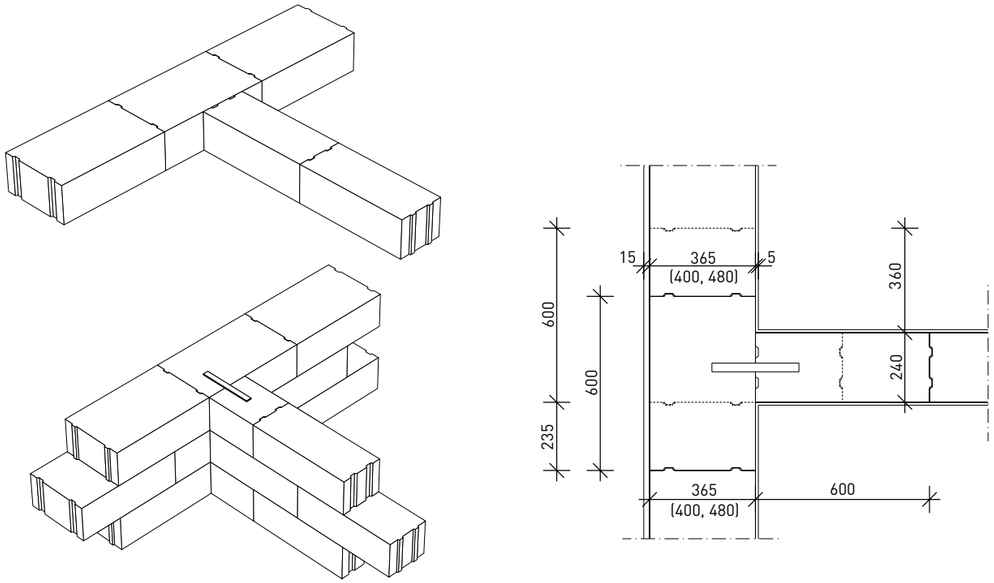
Rys. 3.3.12. Żelbetowy słupek wzmacniający w ścianie zewnętrznej z bloczków Ytong o grub. 48 cm w traconym deskowaniu z kształtek U

Łączenie ścian

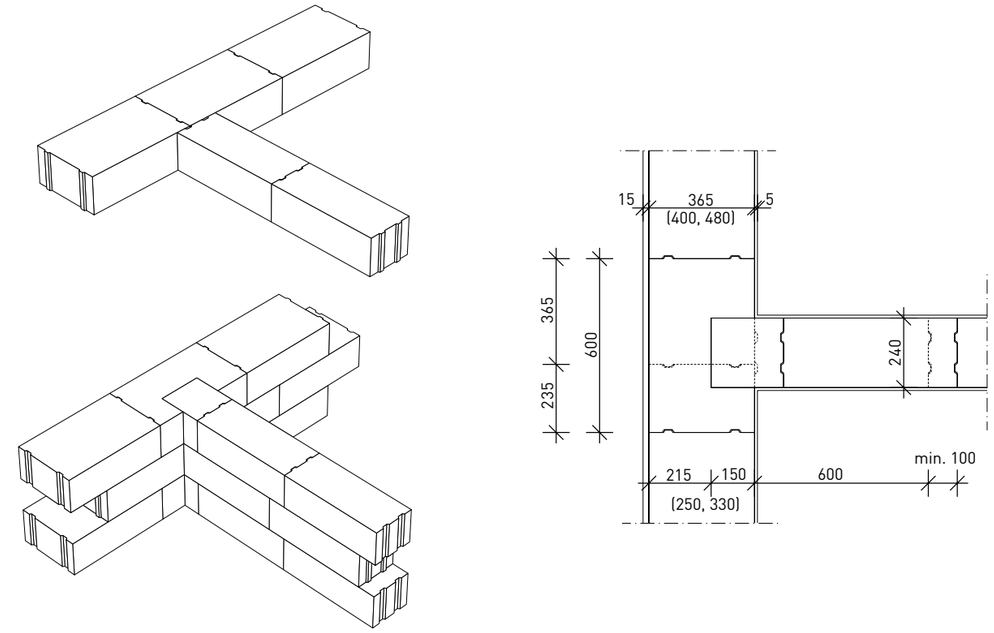
Ściany konstrukcyjne z bloczków Ytong tej samej odmiany łączy się z reguły za pomocą przewiązania elementów murowych, wprowadzając bloczki na całą grubość ściany. W poziomie stropu każdej kondygnacji wymagany jest wieniec żelbetowy na wszystkich ścianach konstrukcyjnych. W przypadku łączenia ze ścianą zewnętrzną ściany wewnętrznej z bloczków innej gęstości zaleca się, w celu zredukowania mostka cieplnego, wprowadzać bloczki o wyższej gęstości do ściany zewnętrznej tylko na głębokość 150 mm, przycinając odpowiednio bloczki ściany zewnętrznej.

Ściany z bloczków Ytong można łączyć także za pomocą łączników LP 30. W co trzeciej spoinie powinny być umieszczone 2 łączniki w przypadku ścian nośnych i 1 łącznik w przypadku ścian działowych. Ściany z bloczków o większej wysokości (Ytong Interio) zaleca się łączyć za pomocą 1 łącznika LP 30 umieszczonego w każdej spoinie.

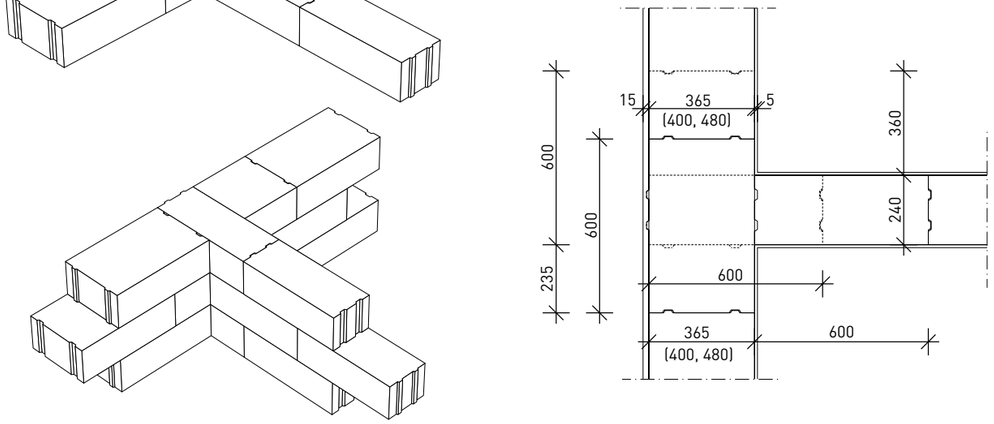
Połączenie ściany za pomocą łączników zapewnia lepszą nośność niż połączenie na przewiązanie murarskie.



Rys. 3.3.13. Połączenie ściany zewnętrznej z wewnętrzną na dotyk z zastosowaniem łączników LP 30 – bloczki różnych odmian



Rys. 3.3.14. Połączenie ściany zewnętrznej z wewnętrzną poprzez przewiązania bloczków na 15 cm w głąb ściany zewnętrznej – bloczki tej samej odmiany



Rys. 3.3.15. Połączenie ściany zewnętrznej z wewnętrzną poprzez przewiązania bloczków na całą grubość ściany zewnętrznej – bloczki tej samej odmiany

Ściany szczelinowe

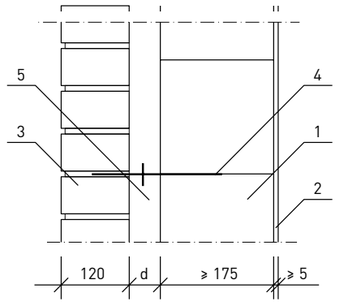
Ściany zewnętrzne w systemie Ytong mogą być także projektowane jako ściany szczelinowe. Ściany takie składają się z wewnętrznej nośnej ściany konstrukcyjnej i z odsuniętej od niej zewnętrznej ścianki osłonowej, wykonanej najczęściej ze spoinowanej cegły klinkierowej, stosowanej dla podniesienia walorów estetycznych. W szczególnych przypadkach, gdy wymagana jest podwyższona izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej, w szczelinie ściany można umieścić dodatkową warstwę izolacyjną z wełny mineralnej.

Murowana ściana osłonowa muru szczelinowego nie może być obciążona stropami. Wysokość ściany osłonowej, przy całkowitym jej oparciu, nie powinna przekraczać 12 m. W ścianach z warstwą osłonową ze spoinowanej cegły klinkierowej powinna być stosowana wentylowana szczelina powietrzna szerokości minimum 4 cm, posiadająca otwory nawiewu i wywiewu powietrza. Łączny przekrój otworów nawiewnych (przy cokole) i wywiewnych (przy okapie) powinien wynosić 1/1500 powierzchni całej ściany. Wentylowane powinny być również odcinki ścian między otworami okiennymi oraz ściany parapetowe. Otwory nawiewu i wywiewu powietrza można wykonać poprzez pozostawienie pustych spoin pionowych w jednej warstwie cegieł.

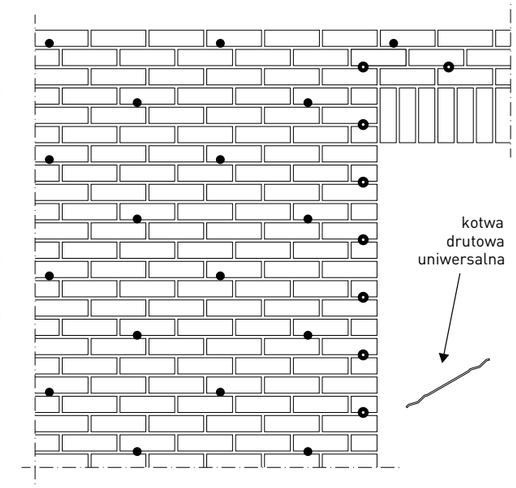
Ściany bez szczeliny powietrznej powinny mieć bardzo szczelną zewnętrzną ściankę licującą, która jest jednocześnie przepuszczalna dla pary wodnej. W praktyce oznacza to najczęściej otynkowanie ściany osłonowej tynkiem cementowo-wapiennym. Ścianę osłonową należy dylatować od strony północnej i wschodniej w odstępach nie większych niż 15 m, a od strony południowej i zachodniej w odstępach nie większych niż 12 m. Przerwy należy wypełniać kitem trwale elastycznym.

W celu odprowadzenia na zewnątrz wody, która może przeniknąć przez ścianę osłonową, należy pozostawić w warstwie zewnętrznej muru otwory i wykonać fartuch z papy bitumicznej na zaprawie cementowej w miejscu podparcia ściany osłonowej oraz nad nadprożami okiennymi. Woda spływając po fartuchu wypłynie otworami.

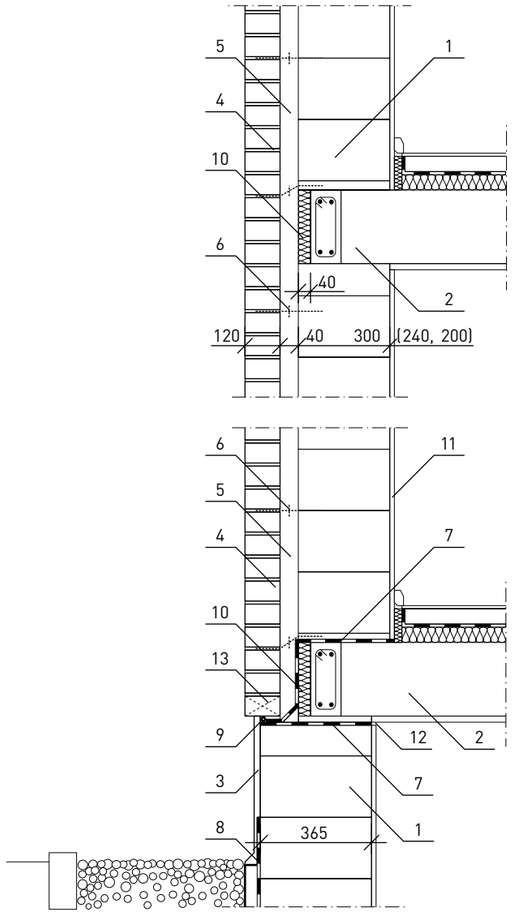
Ściana osłonowa jest łączona ze ścianą konstrukcyjną z bloczków Ytong za pomocą kotew. Zaleca się stosowanie kotew PK 31. Ich liczba powinna być nie mniejsza niż 4 sztuki na 1 m^2 ściany. Kotwy ukształtowane w literę Z umieszcza się w ścianie z bloczków Ytong w trakcie jej wznoszenia i następnie, przy wykonywaniu warstwy zewnętrznej, przygina się odpowiednio do poziomu spoiny wspornej w tej warstwie. Zamiast kotew z prętów okrągłych mogą być stosowane kotwy z płaskowników, które są łatwiejsze do kształtowania w literę Z. Kiedy wysokość ściany osłonowej przekracza 12 m oraz gdy nie jest wskazane opieranie ściany osłonowej na fundamencie, stropie lub innych elementach konstrukcyjnych budynku, konieczne jest zastosowanie specjalnych wsporników ze stali nierdzewnej.



1. Bloczki Ytong
2. Tynk wewnętrzny
3. Warstwa zewnętrzna z cegły klinkierowej
4. Kotwa łącząca
5. Szczelina wentylacyjna o szerokości min. 4 cm

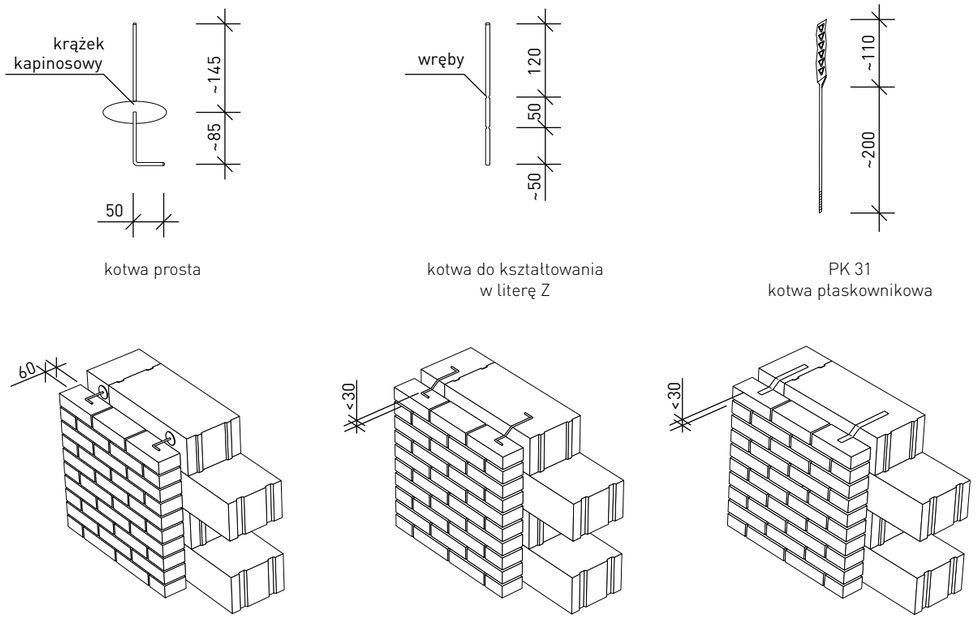


Rys. 3.3.16. Ściana szczelinowa z zewnętrzną warstwą z cegły klinkierowej – rozmieszczenie kotew drutowych (szpilek kotwiących)

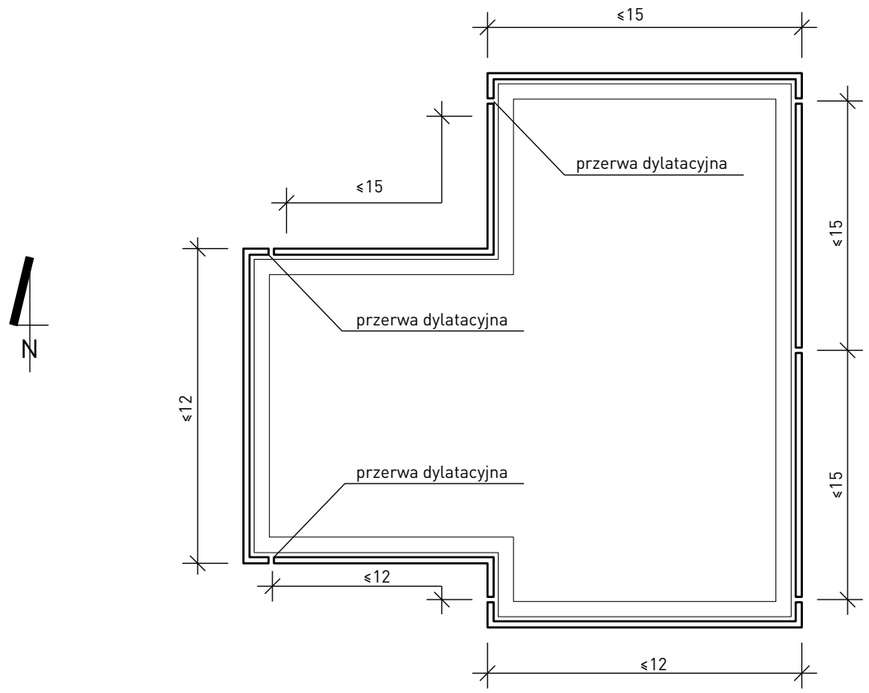


1. Bloczki Ytong
2. Strop z wieńcem
3. Tynk cokołowy
4. Cegła klinkierowa
5. Szczelina wentylacyjna
6. Kotwy ścianki osłonowej
7. Pozioma izolacja przeciwwodna
8. Pionowa izolacja przeciwwodna
9. Uszczelnienie
10. Ocieplenie wieńca
11. Tynk wewnętrzny
12. Rozcięcie tynku
13. Nawiew poprzez puste spoiny wentylacyjne

Rys. 3.3.17. Połączenie trójwarstwowej ściany szczelinowej z bloczków Ytong i cegły klinkierowej ze stropami międzykondygnacyjnymi i jednowarstwową ścianą piwniczną z bloczków Ytong



Rys. 3.3.18. Łączenie warstw ściany szczelinowej za pomocą kotew



Rys. 3.3.19. Przykładowe rozmieszczenie przerw dylatacyjnych w zewnętrznej warstwie ścian szczelinowych budynku (rzut budynku)

Ściany wypełniające

Ściany jednowarstwowe z bloczków w systemie Ytong stosowane są często jako ściany, które wypełniają szkieletową konstrukcję żelbetową lub stalową, nie przenosząc obciążeń konstrukcyjnych.

Ściany wypełniające wymagają połączenia zarówno wzdłuż górnej krawędzi, ze spodem belki lub stropu, jak i wzdłuż krawędzi pionowych ze słupami lub ścianami.

W przypadku ścian o długości większej niż 6,0 m, a także kiedy parcie i ssanie wiatru może być znaczne (górne kondygnacje budynków wysokich), zaleca się stosowanie mechanicznego oparcia ściany w jej części środkowej, np. w postaci kątowników stalowych zamocowanych z jednej strony lub z obu stron ściany.

Połączenie ściany wypełniającej ze słupem lub ścianą do niej prostopadłą wykonuje się za pomocą łączników metalowych LP 30 umieszczonych w co drugiej lub trzeciej warstwie i wygiętych pod kątem prostym. Jedną część łącznika umieszcza się w spoinie muru i mocuje gwoździem do nieprzyciętego bloczka, a drugą mocuje się do powierzchni bocznej słupa lub ściany. Aby zapobiec powstawaniu mostków termicznych, słupy żelbetowe w ścianach zewnętrznych należy osłonić od zewnątrz materiałem termoizolacyjnym (np. płytami Multipor).

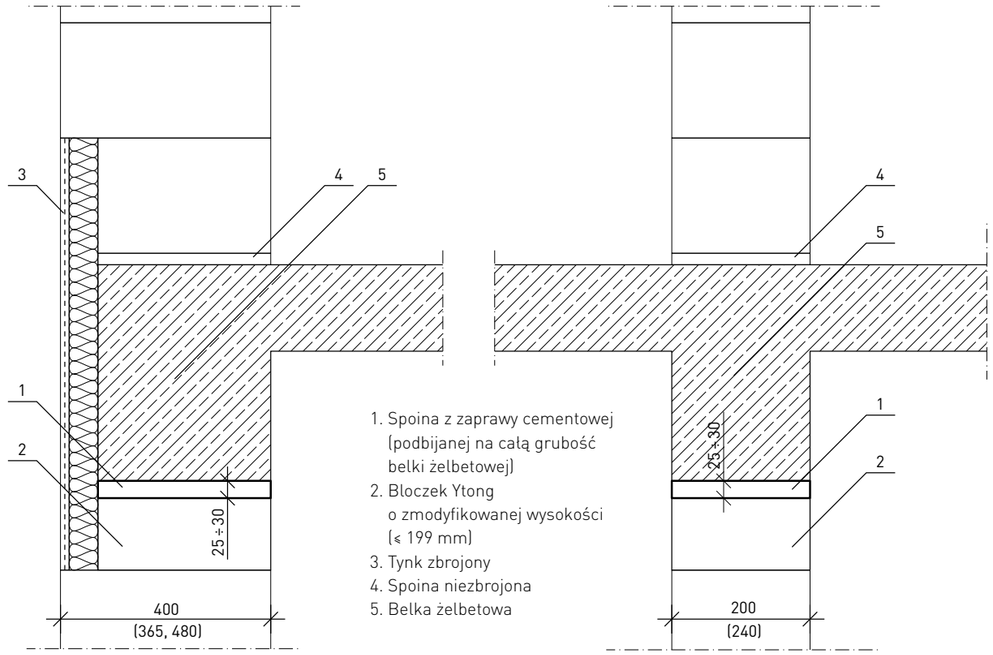
Połączenie ścian wypełniających ze spodem stropu lub belek konstrukcji szkieletowej można wykonać przez pozostawienie szczeliny grubości 20–25 mm i wypełnienie jej gęstą, plastyczną zaprawą cementową wepchniętą w spoinę lub przez pozostawienie szczeliny grubości około 15 mm z wciśniętym paskiem poliuretanowym szerokości 100 mm i grubości 15 mm (w stanie nieściśniętym) i wypełnieniem pozostałej części szczeliny pianką poliuretanową.

Kiedy pole ściany wypełniającej z bloczków Ytong ograniczone elementami konstrukcji szkieletowej jest dość duże, tak jak ma to często miejsce w budynkach halowych, zaleca się wykonanie poziomych belek żelbetowych wylanych w kształtkach U, które mają za zadanie przejmowanie parcia wiatru. Belki takie wykonuje się w rozstawie wynikającym z obliczeń statycznych, zwykle co około 2,0 m. Zamiast poziomych belek można również stosować wzmocnienie ściany słupkami żelbetowymi wykonywanymi w zestawionych ze sobą kształtkach U.

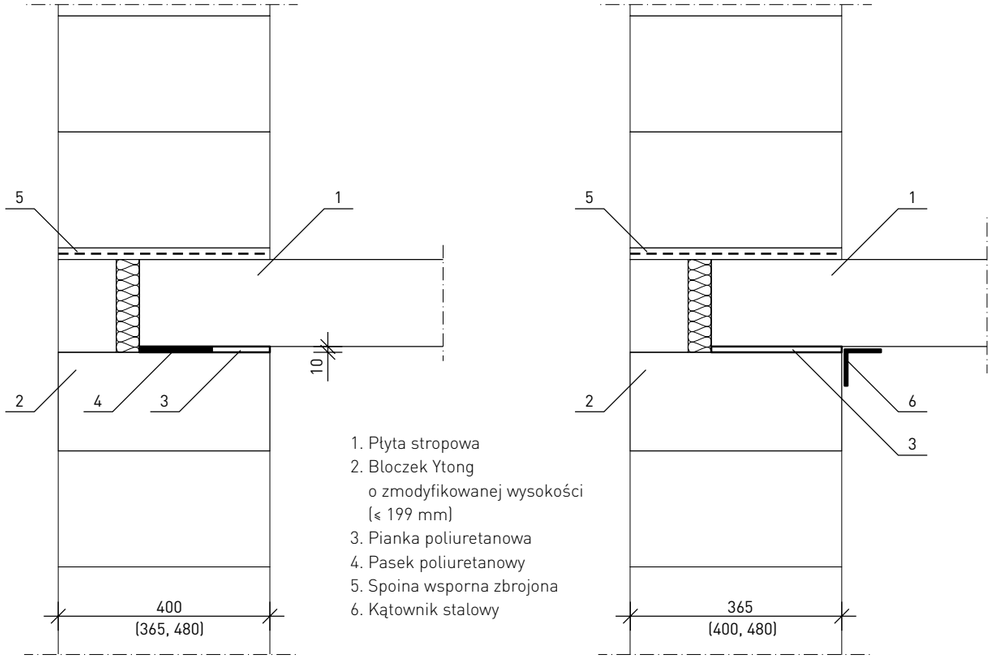
Częstym problemem towarzyszącym ścianom wypełniającym są zarysowania, które powstają na skutek ugięć stropów. Aby zapobiec powstawaniu rys, zaleca się:

- ograniczenie ugięcia stropów – projektowane ugięcia stropów nie powinny przekraczać wartości $l_{eff}/500$;
- ograniczenie smukłości stropów – projektowanie stropów o smukłości $l_o^2/d \leq 150$, gdzie:
  l_o – odległość pomiędzy miejscami zerowymi na wykresie momentów zginających w stropie,
  d – wysokość użyteczna przekroju stropu;
- jak najpóźniejsze rozdeskowanie stropu – odkształcalność betonu maleje wraz ze wzrostem jego wytrzymałości, dlatego im większą wytrzymałość beton uzyska przed obciążeniem, tym mniejsze będzie ugięcie stropu;
- odpowiednią kolejność prac – murowanie ścian wypełniających powinno się rozpocząć od najwyższej kondygnacji, tak aby po wymurowaniu ściany nie następowało dodatkowe ugięcie stropu spowodowane ciężarem ściany spoczywającej na kondygnacji powyżej;
- jak najpóźniejsze murowanie i tynkowanie ścian – po wymurowaniu ścian wypełniających przyrost obciążeń stałych stropu powinien być jak najmniejszy. Późniejsze murowanie zapewnia ugięcie stropu bardziej zbliżone do warunków eksploatacji budynku. Wypełnienie szczelin dylatacyjnych powinno odbywać się bezpośrednio przed tynkowaniem ścian;
- stosowanie dodatkowego zbrojenia do spoin wspornych – poza strefami podokiennymi oraz w strefie nadproży (zbrojenie wysunięte 0,5 m ponad szerokość nadproża z obu stron) zaleca się zbrojenie pełnych odcinków ścian w strefie dolnej, do 1/3 wysokości ściany;
- w szczególnych przypadkach wypełnienie spoin pionowych – przy murowaniu na pióro i wpust występuje mniej rys, jednak o większej szerokości. Wypełnienie spoin pionowych powoduje powstanie większej ilości rys, jednak o mniejszej szerokości.

Zastosowanie tych zabiegów może w znacznym stopniu ograniczyć ryzyko powstania zarysowań. Więcej informacji o ścianach wypełniających znajduje się w zeszycie technicznym „Ściany przeciwogniowe i wypełniające w systemach Silka i Ytong".

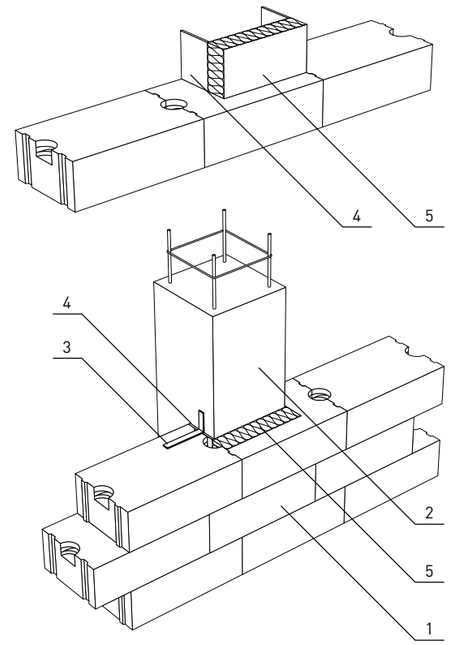


Rys. 3.3.20. Schemat połączenia wierzchu ściany wypełniającej ze spodem belki żelbetowej



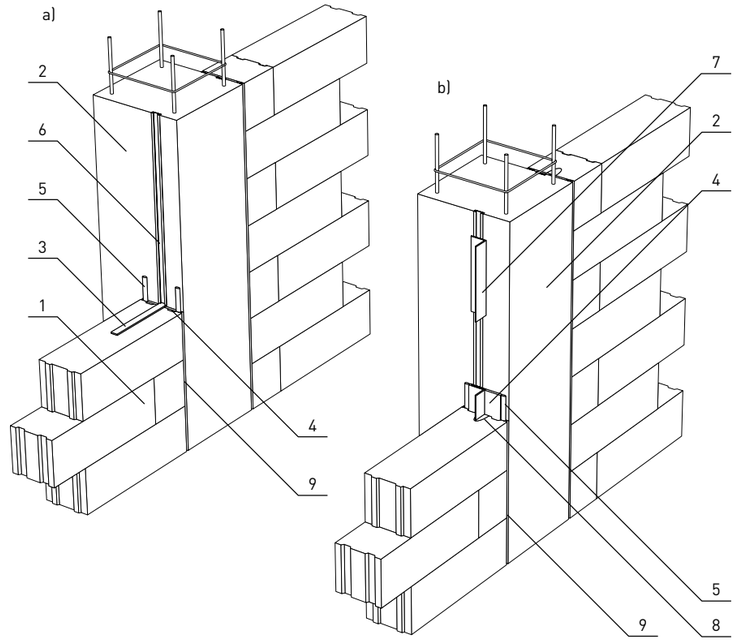
Rys. 3.3.21. Schemat połączenia wierzchu ściany wypełniającej ze spodem stropu żelbetowego

1. Ściana wypełniająca z bloczków Ytong
2. Słup żelbetowy
3. Łącznik LP 30
4. Dylatacja ze styropianu o grubości 10 mm
5. Izolacja termiczna



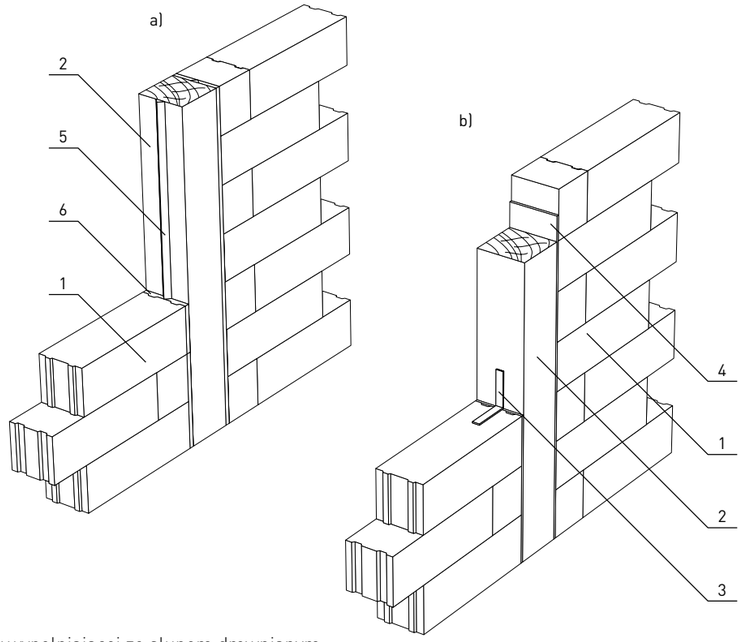
Rys. 3.3.22. Połączenie ściany wypełniającej z bloczków Ytong z słupem żelbetowym z zastosowaniem łączników Ytong

1. Ściana wypełniająca z bloczków Ytong
2. Słup żelbetowy
3. Łącznik metalowy
4. Dylatacja ze styropianu o grubości 10 mm
5. Kształtka oporowa dla wypełnienia
6. Szyna do mocowania łączników
7. Kątownik
8. „Gniazdo" wypełnione zaprawą
9. Kit trwale plastyczny



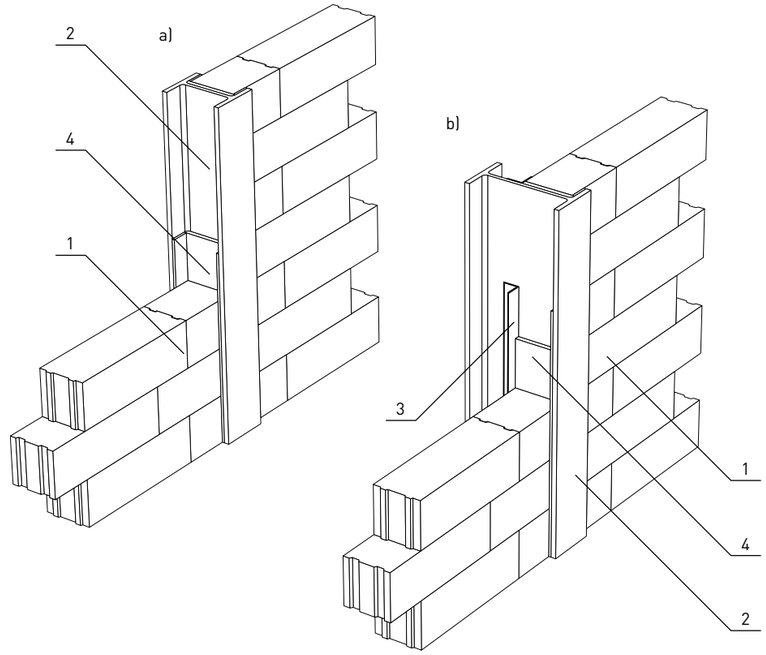
Rys. 3.3.23. Połączenie ściany wypełniającej ze słupem żelbetowym:
a) z wykorzystaniem wbetonowanej szyny i łączników
b) za pomocą kątownika stalowego

1. Bloczki Ytong
2. Słup drewniany
3. Łącznik metalowy LP 30
4. Dylatacja ze styropianu o grubości 10 mm
5. Listwa drewniana
6. Zaprawa Ytong



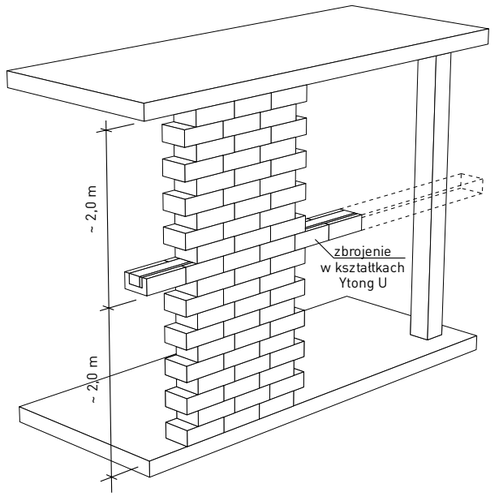
Rys. 3.3.24. Połączenie ściany wypełniającej ze słupem drewnianym:
a) z wykorzystaniem listwy drewnianej
b) za pomocą łączników do ścian LP 30

1. Bloczki Ytong
2. Słup stalowy
3. Kątownik
4. Dylatacja ze styropianu o grubości 10 mm



Rys. 3.3.25. Połączenie ściany wypełniającej ze słupem stalowym gdy:
a) grubość ściany równa się grubości słupa
b) grubość ściany jest mniejsza od grubości słupa

Rys. 3.3.26. Zbrojenie poziome ściany wypełniającej z bloczków Ytong wykonywane w kształtkach U



Ścianki działowe

Ścianki działowe najczęściej projektowane są z bloczków Ytong Interio o grub. 11,5 cm. Dzięki dużym wymiarom bloczków (40 x 60 cm) ścianki powstają znacznie szybciej. Ścianki te mogą mieć wysokość do 4,5 m, przy długości nieprzekraczającej 10,0 m. Powyżej tych wymiarów ścianki działowe wymagają wzmocnienia (np. rdzeniami pionowymi i wieńcami pośrednimi w konstrukcji żelbetowej).

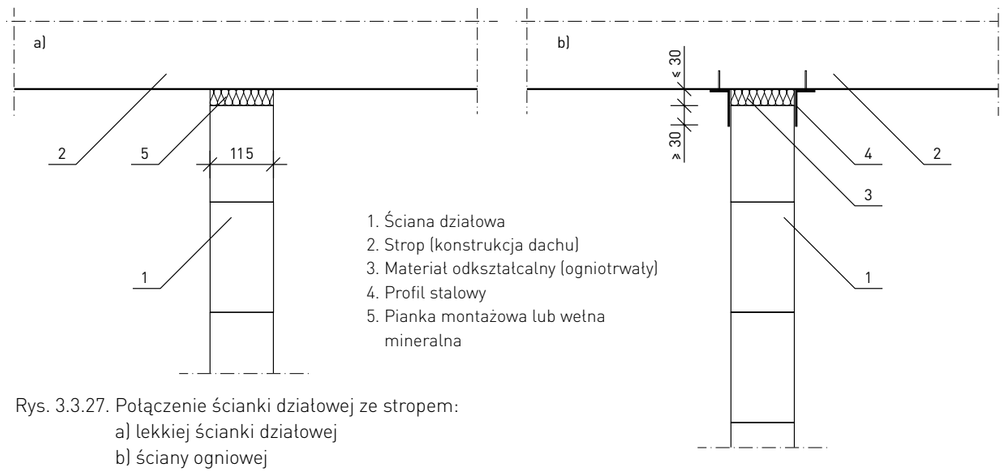
Ścianki działowe ustawia się na konstrukcji stropu lub jego warstwie wyrównawczej, na warstwie papy lub folii i muruje, zostawiając pod stropem szczelinę szerokości 10–15 mm. Po wymurowaniu szczelinę wypełnia się pianką montażową lub innym materiałem elastycznym.

Gdy ściance działowej stawiane są wymogi akustyczne, zaleca się wypełnić szczelinę wełną mineralną.

Połączenie ścianki działowej ze ścianą konstrukcyjną wykonuje się za pomocą łączników metalowych LP 30 zamocowanych w trakcie murowania ścian konstrukcyjnych. Należy stosować 1 łącznik w co trzeciej spoinie bloczków o wysokości 20 cm oraz 1 łącznik w każdej spoinie w przypadku bloczków Ytong Interio.

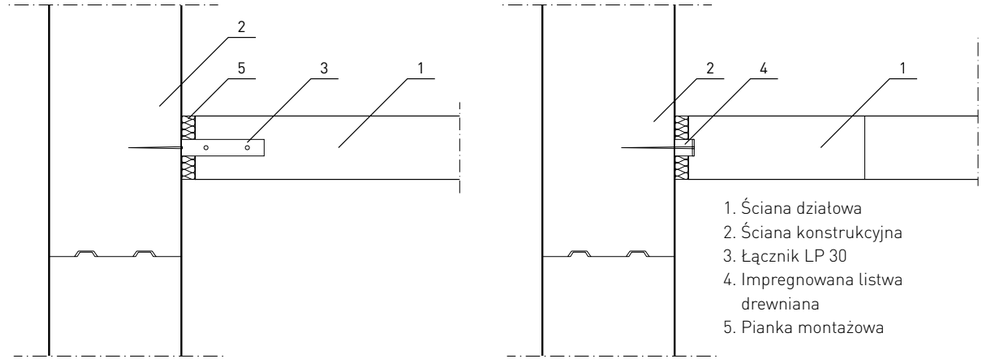
Do ścianek działowych nad otworami drzwiowymi stosuje się prefabrykaty nadproża zespolonego Ytong YF o grubości 11,5 cm lub nadproża Ytong YD w przypadku ścianek o mniejszej grubości.

Ścianki działowe z bloczków Ytong Interio spełniają normy izolacyjności akustycznej wymaganej dla przegrody oddzielającej pomieszczenia w obrębie jednego mieszkania.

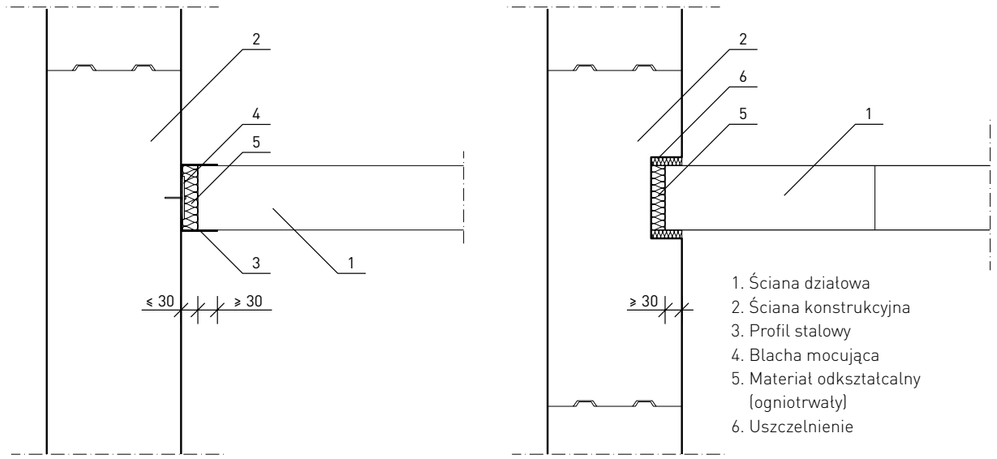


1. Ściana działowa
2. Strop (konstrukcja dachu)
3. Materiał odkształcalny (ogniotrwały)
4. Profil stalowy
5. Pianka montażowa lub wełna mineralna

Rys. 3.3.27. Połączenie ścianki działowej ze stropem:
a) lekkiej ścianki działowej
b) ściany ogniowej



Rys. 3.3.28. Schemat połączenia lekkiej ściany działowej ze ścianą konstrukcyjną



Rys. 3.3.29. Schemat połączenia ogniowej ściany działowej ze ścianą konstrukcyjną

Ścianki działowe z płyt Ytong Panel

Ścianki działowe można projektować także z elementów Ytong Panel – płyt z betonu komórkowego. Palety z płytami o wysokości kondygnacji umieszcza się w budynku na etapie powstawania ścian nośnych.

Do optymalnego wykorzystania systemu niezbędny jest plan montażowy, którego wykonanie oferuje firma Xella. Plan powinien zakładać rozmieszczenie palet z płytami oraz rozrysowane położenie płyt w ścianach.

Ściany z Ytong Panel montuje się po wykonaniu stropu za pomocą specjalnego wózka.
Gdy projektowana różnica ugięć sąsiednich stropów nie przekracza 10 mm, za dylatację od stropu odpowiadają gumowe bloki, które przybija się do płyt. Należy przewidzieć dwa gumowe bloki na płytę, każdy z nich umocowany jednym gwoździem. Jeżeli płyta jest zbyt wąska, aby umieścić na jej krawędzi dwa bloki, można zastosować jeden gumowy blok umocowany dwoma gwoździami, aby zabezpieczyć płytę przed ewentualnym obrotem. W celu osiągnięcia jak najwyższej izolacyjności akustycznej zaleca się zastosowanie ciągłej warstwy gumowej dylatacji.

W przypadku projektowanej różnicy ugięć sąsiednich stropów 10–15 mm dylatację należy wykonać z użyciem przekładki z tworzywa sztucznego. Przy większych różnicach dylatację należy wykonać za pomocą połączenia felcowego.

Do łączenia pionowego płyt stosuje się specjalną zaprawę Ytong fix-P o mniejszej gęstości.

W co drugiej płycie należy przewidzieć mocowanie kotwą sprężystą. Kotwę przybija się do krawędzi czołowej płyty, a następnie mocuje do stropu. Płyty ustawia się i mocuje od dołu przy pomocy drewnianych klinów. Kliny można ustawiać zarówno pod krawędzią boczną, jak i czołową płyty. Wyjątek stanowi pierwsza płyta, którą mocuje się od dołu jedynie za pomocą klinów pod boczną krawędzią. Dolną szczelinę należy wypełnić zaprawą cementową, a górną – ognioodporną pianką montażową. Projektowana wysokość płyt, w zależności od jakości wykonania stropu, musi być ok. 3–4 cm niższa niż wysokość kondygnacji w świetle (miejsce na gumowe bloki i drewniane kliny).

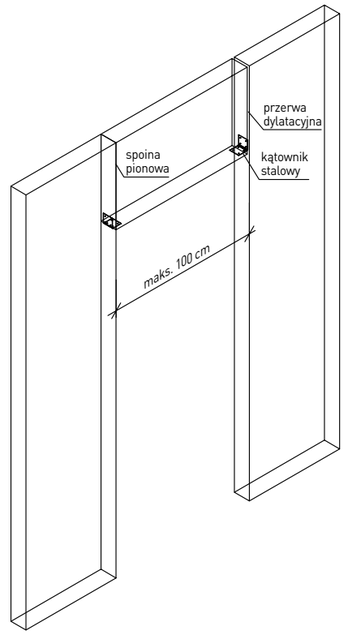
Ścianki działowe z Ytong Panel o grubości 7,5 cm zapewniają izolacyjność akustyczną wymaganą dla ścian oddzielających pomieszczenia mieszkalne wewnątrz lokalu. Z uwagi na większą wymaganą izolacyjność akustyczną, ścianki oddzielające łazienkę od pomieszczeń mieszkalnych należy projektować z płyt Ytong Panel o grubości 10 cm.
Płyty posiadają wysoką klasę gładkości, dlatego ściany z nich wykonane mogą być wykończone za pomocą cienkich powłok (gładzie lub tapety). Dzięki małej grubości ścian w budynku zwiększa się powierzchnia użytkowa.
W celu uniknięcia spękań skurczowych w planie montażowym Ytong Panel należy uwzględnić przerwy dylatacyjne. Należy je stosować:

- gdy długość ściany przekracza 5 m,
- przy połączeniu ściany działowej ze ścianą nośną,
- przy prostopadłym łączeniu płyt,
- w okolicy płyty nadprożowej.

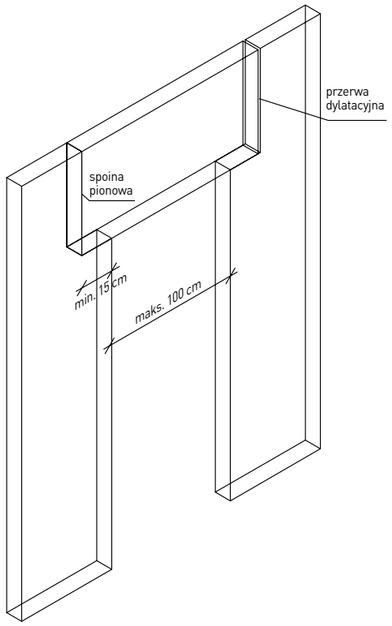
Przerwy dylatacyjne powinny mieć grubość 15 mm. Dystans uzyskuje się poprzez przybicie dwóch gumowych bloków do krawędzi płyty. Szczelinę wypełnia się ognioodporną pianką poliuretanową lub wełną, jeżeli wymagana jest wyższa klasa odporności ogniowej płyt.
Połączenia dylatowane należy wzmocnić siatką zbrojącą.

Przy łączeniu prostopadle usytuowanych płyt, dylatację należy rozmieścić zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 3.3.33. Takie rozwiązanie chroni płytę przed przechyleniem, spowodowanym nadmiernym ugięciem stropu.

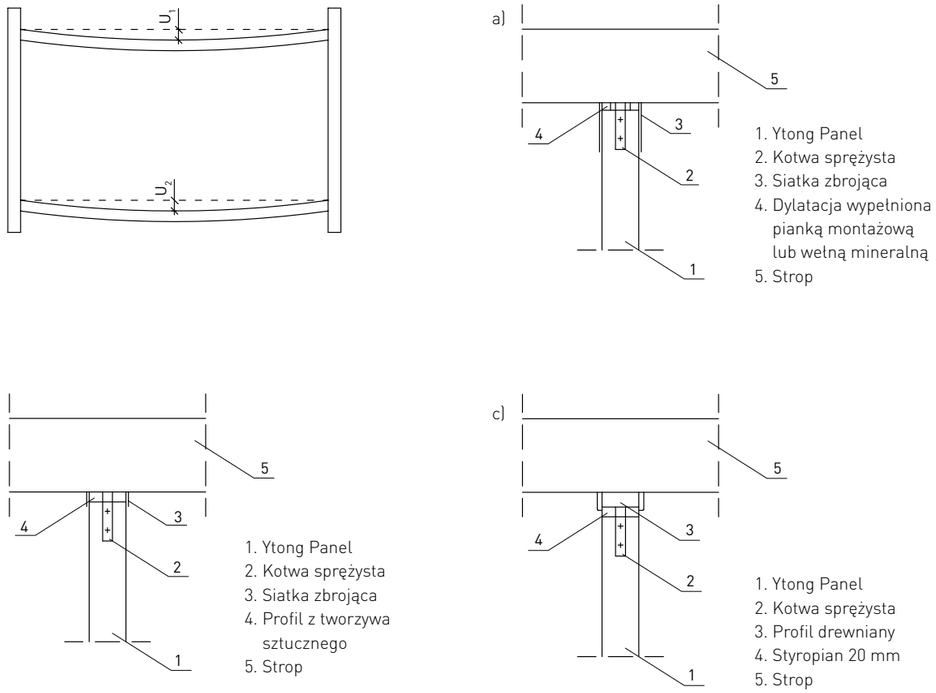
a)



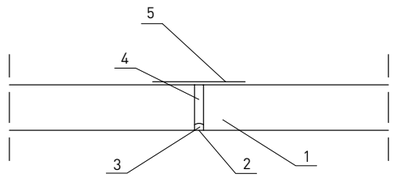
b)



Rys. 3.3.30. Nadproża Ytong Panel:
a) wykonane z użyciem kątowników stalowych
b) wykonane na podciętej płycie

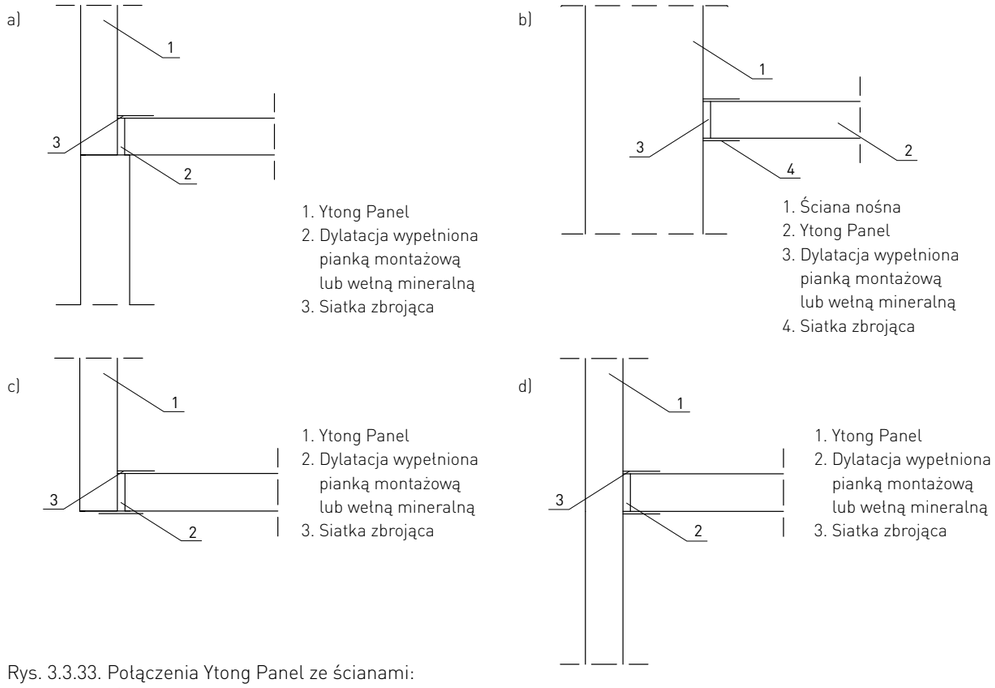


Rys. 3.3.31. Połączenia płyt Ytong Panel ze stropem:
a) $\Delta\ u_1 - u_2 \leqslant 10$ mm
b) $\Delta\ u_1 - u_2 = 10 \div 15$ mm
c) $\Delta\ u_1 - u_2 \geqslant 15$ mm

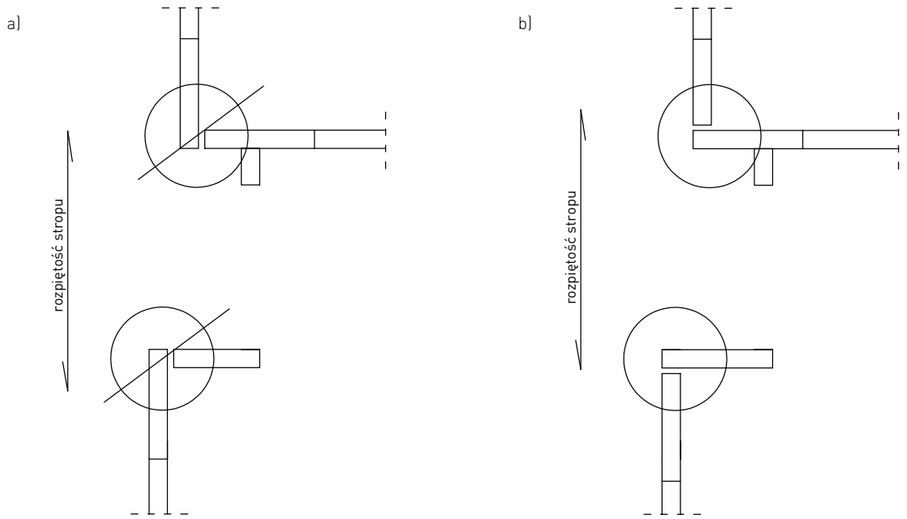


1. Ytong Panel
2. Profil tynkarski
3. Masa elastyczna do fug
4. Dylatacja wypełniona pianką montażową lub wełną mineralną
5. Siatka zbrojąca

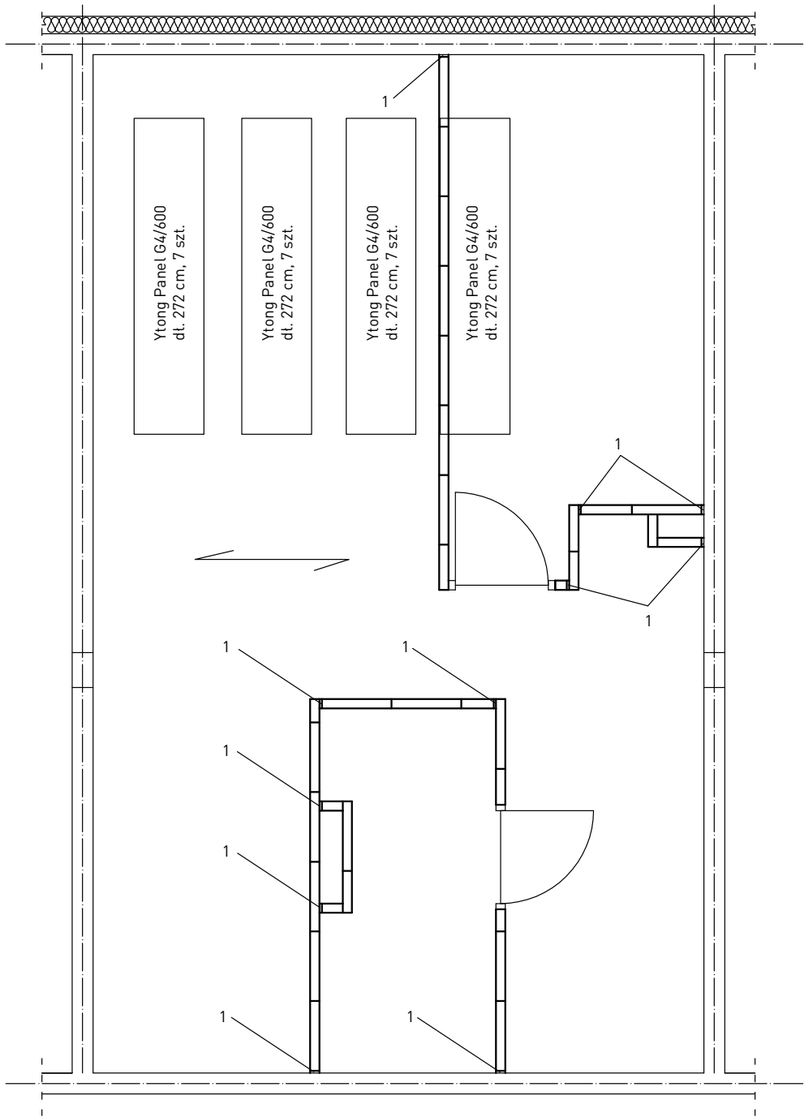
Rys. 3.3.32. Połączenie dylatacyjne przy długości ścian powyżej 5 m



Rys. 3.3.33. Połączenia Ytong Panel ze ścianami:
a) połączenie ze zmianą grubości ścianki
b) połączenie ze ścianą nośną
c) połączenie narożne ścian
d) połączenie prostopadłych ścian



Rys. 3.3.34. Ustawienie płyt Ytong Panel względem rozpiętości stropu:
a) niepoprawne ustawienie
b) poprawne ustawienie



Rys. 3.3.35. Przykładowy plan montażowy Ytong Panel wraz z rozmieszczeniem palet z płytami
1 – dylatacja 15 mm (dwa gumowe bloki + wypełnienie pianką montażową lub wełną mineralną)

3.4. Nadproża

Otwory okienne i drzwiowe przekrywane są belkami nadprożowymi. W ścianach murowanych z bloczków Ytong można zastosować kilka typów nadproży:

Prefabrykowane belki nadprożowe ze zbrojonego betonu komórkowego Ytong YN
Belki o grubości 200, 240, 300, 365 mm służą do przekrywania otworów o szerokości do 1,75 m znajdujących się w ścianach konstrukcyjnych. Długość oparcia nadproża na murze wynosi:

- 195 mm – dla nadproży otworów o szerokości ⩽ 1,50 m
- 245 mm – dla nadproży otworów o szerokości > 1,50 m.

Nadproże zespolone z wykorzystaniem prefabrykatów Ytong YF
Nadproże składa się z prefabrykowanego pasa dolnego ze zbrojonego betonu Ytong, zwanego prefabrykatem nadproża zespolonego o symbolu YF, oraz z ułożonych na nim bloczków Ytong. Prefabrykaty nadproża zespolonego mają wysokość 124 mm oraz szerokość 115 mm lub 175 mm. W zależności od grubości ściany ustawia się jeden, dwa lub trzy prefabrykaty obok siebie. Pełną nośność nadproże uzyskuje dopiero po przemurowaniu warstwą bloczków.
Długość oparcia nadproży nie może być mniejsza niż 200 mm.
Nadproża zespolone przekrywające otwory o szerokości większej niż 1,10 m w trakcie budowy wymagają podparcia w środku ich rozpiętości oraz zwiększenia długości oparcia do 250 mm.

Prefabrykowane belki nadprożowe ze zbrojonego betonu komórkowego Ytong YD
Belki o grubości 75 i 100 mm służą do przekrywania otworów o szerokości do 1,02 m znajdujących się w ścianach działowych.

Nadproża betonowane na miejscu wbudowania w kształtkach Ytong U
Nadproża żelbetowe w deskowaniu traconym z kształtek Ytong U wykonuje się przy większych szerokościach przekrywanych otworów, tzn. powyżej 2,5 m. Długość oparcia belek nadprożowych na ścianach z bloczków Ytong nie może być mniejsza niż 200 mm.

Nadproża w ściankach z płyt Ytong Panel
Nadproża w ścianach Ytong Panel wykonuje się przy użyciu dociętej płyty. Można ją osadzić, opierając na sąsiadujących podciętych płytach. Szerokość podcięcia powinna wynosić ok. 15 cm. Alternatywnym sposobem na wykonanie nadproża jest zamocowanie dociętej płyty przy użyciu kątowników stalowych.

Wykonane w ten sposób nadproża mogą przekrywać otwór o szerokości do 100 cm.
Gdy wysokość nad otworem przekracza szerokość płyty (60 cm), nad otworem można umocować dwie docięte płyty, obie umocowane za pomocą kątowników stalowych.

Pomiędzy nadprożem i płytą należy przewidzieć z jednej strony szczelinę dylatacyjną (15 mm) wypełnioną pianką montażową. Połączenie należy wzmocnić siatką zbrojącą.

Tabela 3.1. Nośność nadproży Ytong YF[1)]

Grubość nadproża [mm]	Długość nadproża [mm]	Maks. szerokość przekrywanego otworu [mm]	Dopuszczalne obciążenie charakterystyczne q_k [kN/m] w zależności od wysokości warstwy nadmurowanej h [mm] (z wypełnieniem spoin pionowych)			
			200	400	600	800
115	1300	900	12,9	17,2	17,1	17,0
	1500	1100	9,2	13,7	14,3	14,2
	1750	1250	6,9	11,0	12,4	12,3
	2000	1500	4,7	8,3	10,2	10,4
	2250	1750	3,3	6,4	8,2	9,0
	2500	2000	2,4	5,0	6,7	7,7
	2750	2250	1,7	4,0	5,5	6,5
	3000	2500	-	3,2	4,6	5,5
175	1300	900	19,6	26,3	26,1	26,0
	1500	1100	15,6	22,7	23,1	22,9
	1750	1250	10,5	16,8	18,9	18,7
	2000	1500	7,3	12,7	15,6	15,8
	2250	1750	5,2	9,8	12,6	13,7
	2500	2000	3,6	7,7	10,2	11,7
	2750	2250	2,6	6,1	8,4	9,9
	3000	2500	-	4,9	7,0	8,4

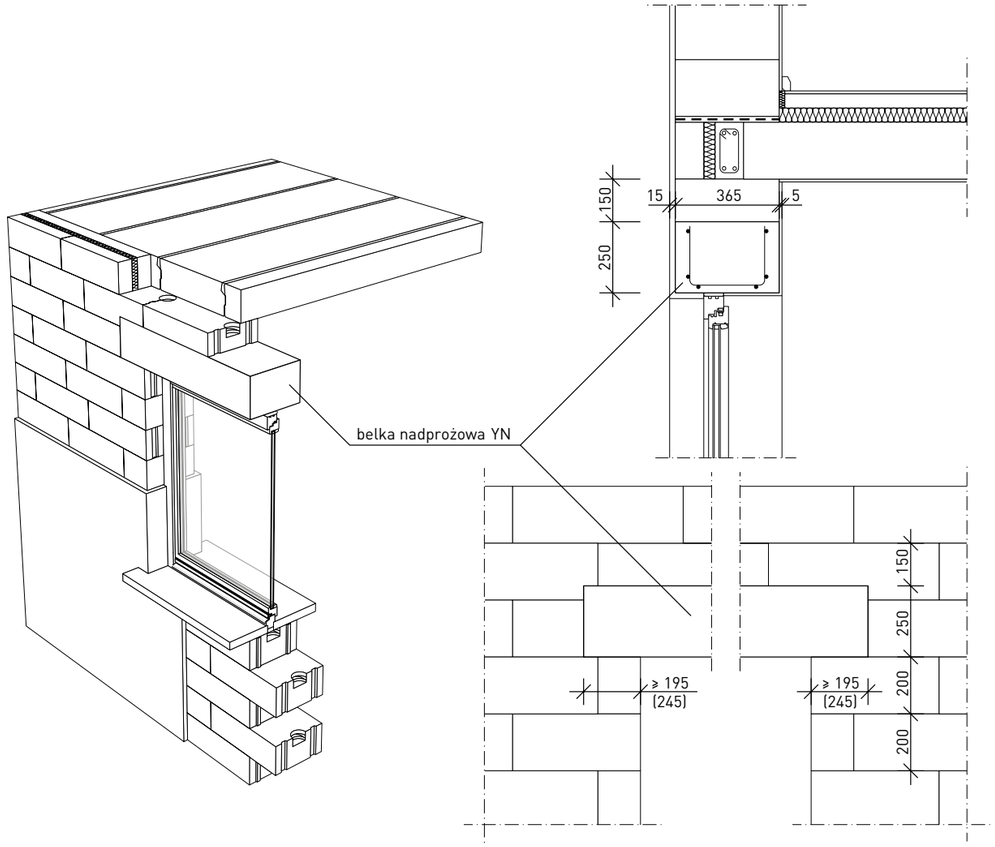
Tabela 3.2. Nośność nadproży Ytong YN[1)]

Opis elementu	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Długość [mm]	Maks. szerokość przekrywanego otworu [mm]	Minimalna długość oparcia [mm]	Maksymalne obciążenie obliczeniowe [kN/m]
YN-130/20	200	249	1300	900	195	23
YN-150/20			1500	1100	195	21
YN-175/20			1750	1250	195	15
YN-200/20			2000	1500	245	13
YN-225/20			2250	2000	245	13
YN-130/24	240	249	1300	900	195	23
YN-150/24			1500	1100	195	22
YN-175/24			1750	1250	195	20
YN-200/24			2000	1500	245	17
YN-225/24			2250	1750	245	14
YN-130/30	300	249	1300	900	195	23
YN-150/30			1500	1100	195	22
YN-175/30			1750	1250	195	23
YN-200/30			2000	1500	245	20
YN-225/30			2250	1750	245	17
YN-130/36,5	365	249	1300	900	195	23
YN-150/36,5			1500	1100	195	22
YN-175/36,5			1750	1250	195	23
YN-200/36,5			2000	1500	245	23
YN-225/36,5			2250	1750	245	20

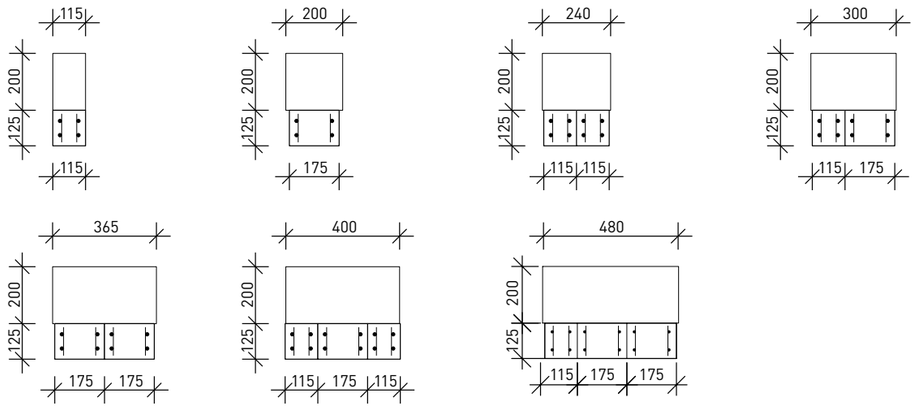
[1)] Nośność nie uwzględnia występowania wieńca, który wpływa na jej znaczną poprawę.

Tabela 3.3. Tabela doboru nadproży Ytong YN i Ytong YF

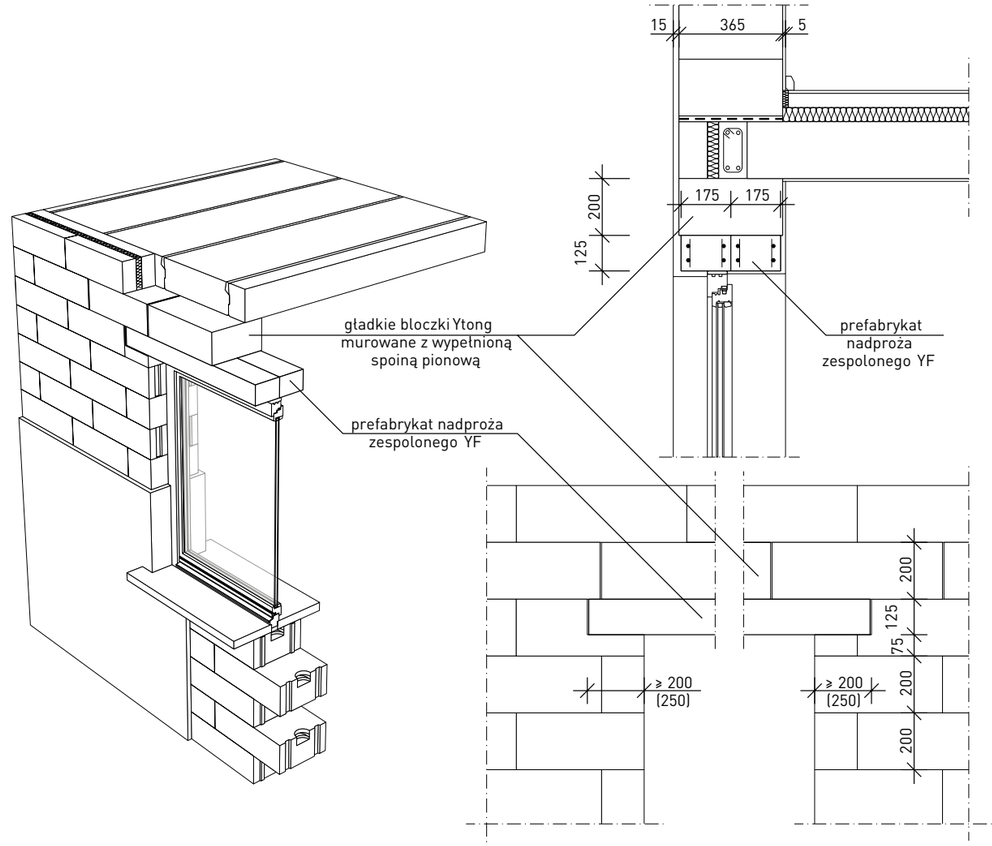
| Maksymalna szerokość przekrywanego otworu [cm] | Grubość ściany [cm] | | |



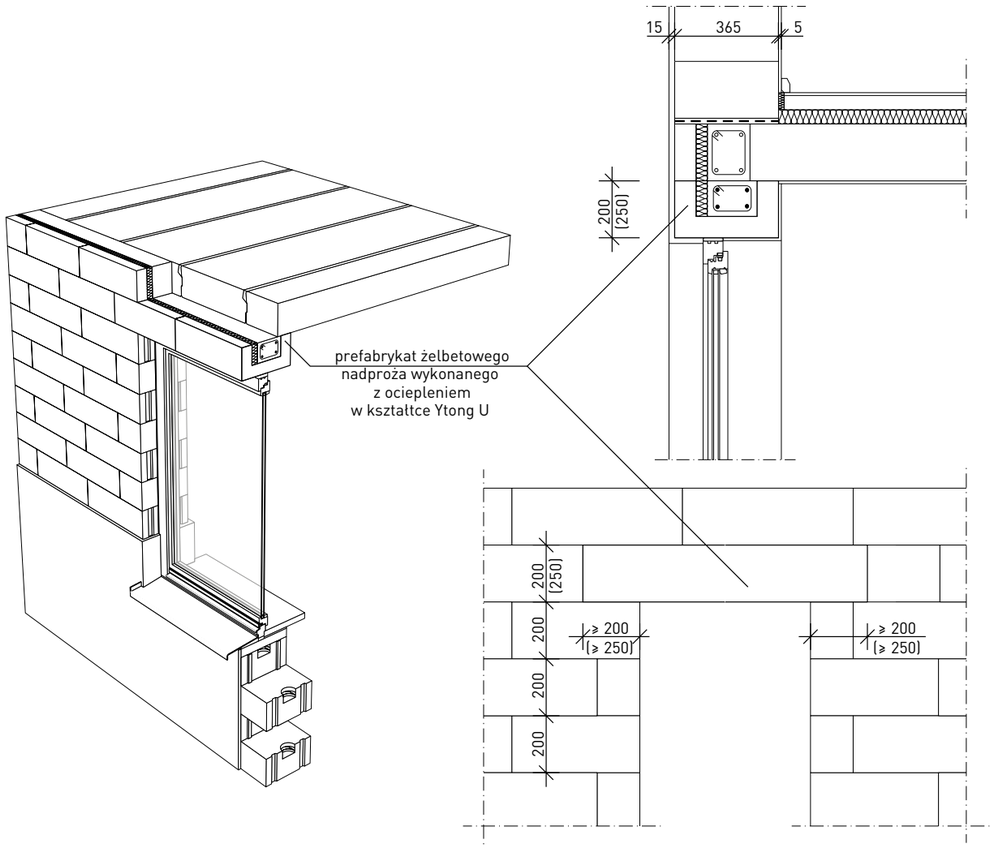
Rys. 3.4.1. Nadproże okienne z prefabrykowanej belki nadprożowej ze zbrojonego betonu komórkowego Ytong YN o wysokości 250 mm i szerokości równej grubości ściany jednorodnej, stosowane do przekrywania otworów o maksymalnej szerokości 1,75 m



Rys. 3.4.2. Nadproża zespolone z bloczków Ytong i prefabrykowanych belek Ytong YF ze zbrojonego betonu komórkowego



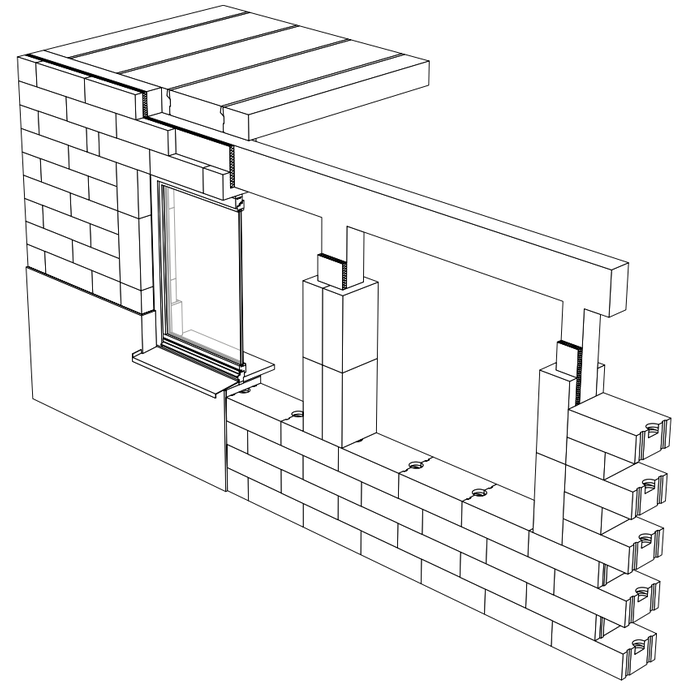
Rys. 3.4.3. Zespolone nadproże okienne z prefabrykatów Ytong YF ze zbrojonego betonu komórkowego o wysokości 125 mm, nadmurowanych bloczkami Ytong, stosowane do przekrywania otworów o maksymalnej szerokości 2,50 m



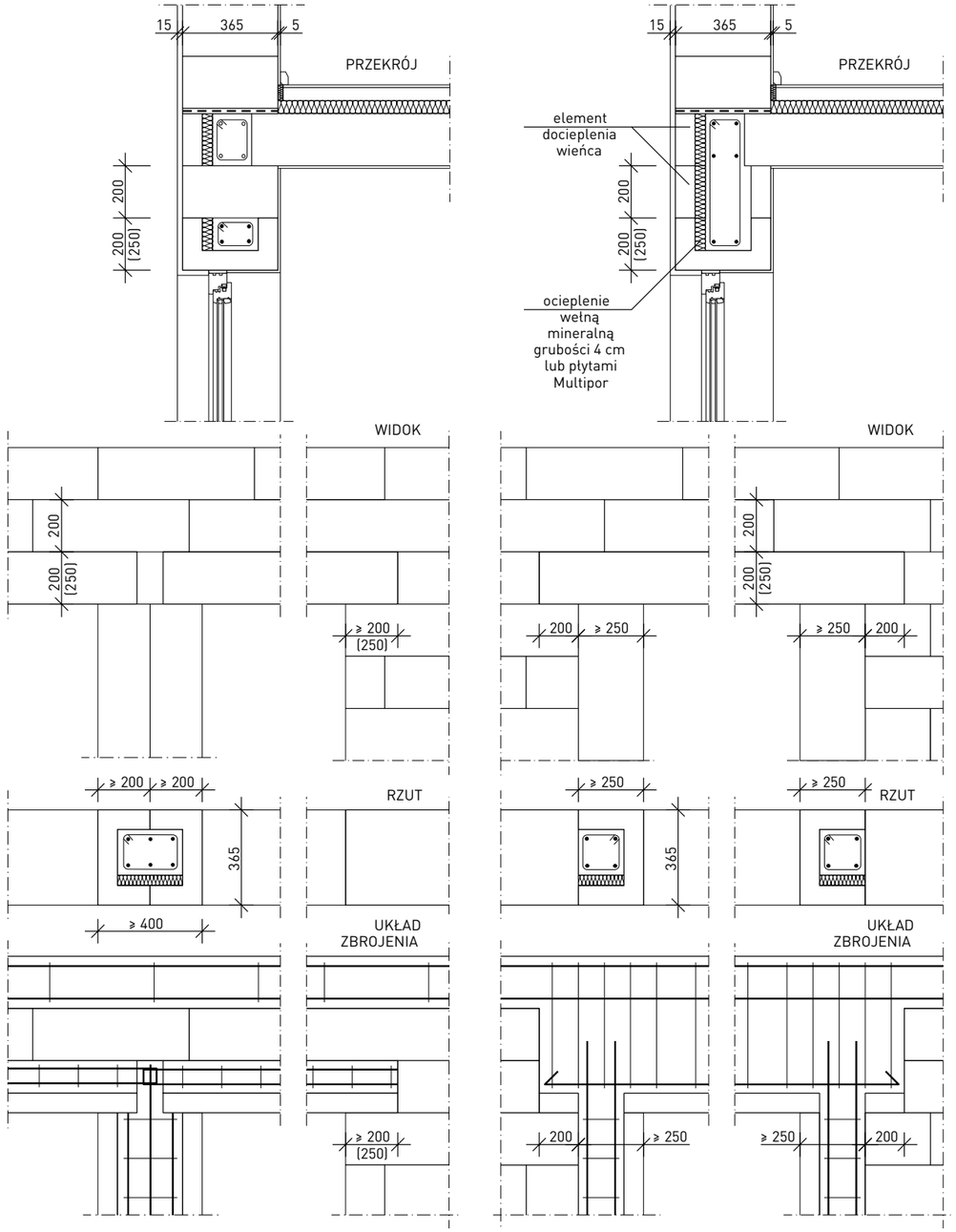
Rys. 3.4.4. Nadproże okienne w kształtkach Ytong U wykonane jako kompletny prefabrykat nadprożowy do przekrywania otworów o szerokości większej niż 2,50 m. W ścianach o grubości 48cm nadroże ocieplone analogicznie do słupa na rys. 3.3.12.

Szerokie filary międzyokienne lub międzydrzwiowe wykonuje się z bloczków Ytong podobnie jak pozostałe ściany zewnętrzne. Kiedy filar ma zbyt małą szerokość, aby wykonany z bloczków Ytong mógł przenieść przypadające na niego obciążenie, wykonuje się go jako słup żelbetowy wylewany w kształtkach U lub z odpowiednio przyciętych bloczków ściennych, które pełnią rolę deskowania traconego. Należy połączyć zbrojenie belki ze zbrojeniem trzpienia.

Przy większej szerokości otworu lub kiedy projektuje się nadproża ciągłe przekrywające dwa lub więcej otworów, kształtki U stanowią deskowanie tracone, w którym układa się zbrojenie nadproża betonowego wylewanego na budowie. W celu wzmocnienia oparcia długiej belki nadprożowej można wprowadzić słupki żelbetowe, przejmujące obciążenie nadproża. Słupki takie wykonuje się po obu stronach ościeża okiennego w deskowaniu z kształtek U. Pionowe pręty zbrojeniowe słupków powinny być wypuszczone w górę dla połączenia z wylewaną nad nimi belką nadprożową.



Rys. 3.4.5. Żelbetowe trzpienie wzmacniające oparcie belki nadprożowej w ościeżach okna i filar międzyokienny wykonane w kształtkach Ytong U



Rys. 3.4.6. Zastosowanie w ścianie zewnętrznej belki żelbetonowej w kształtkach Ytong U z wypuszczonym zbrojeniem, opartej na żelbetowym słupku wykonanym w kształtkach Ytong U

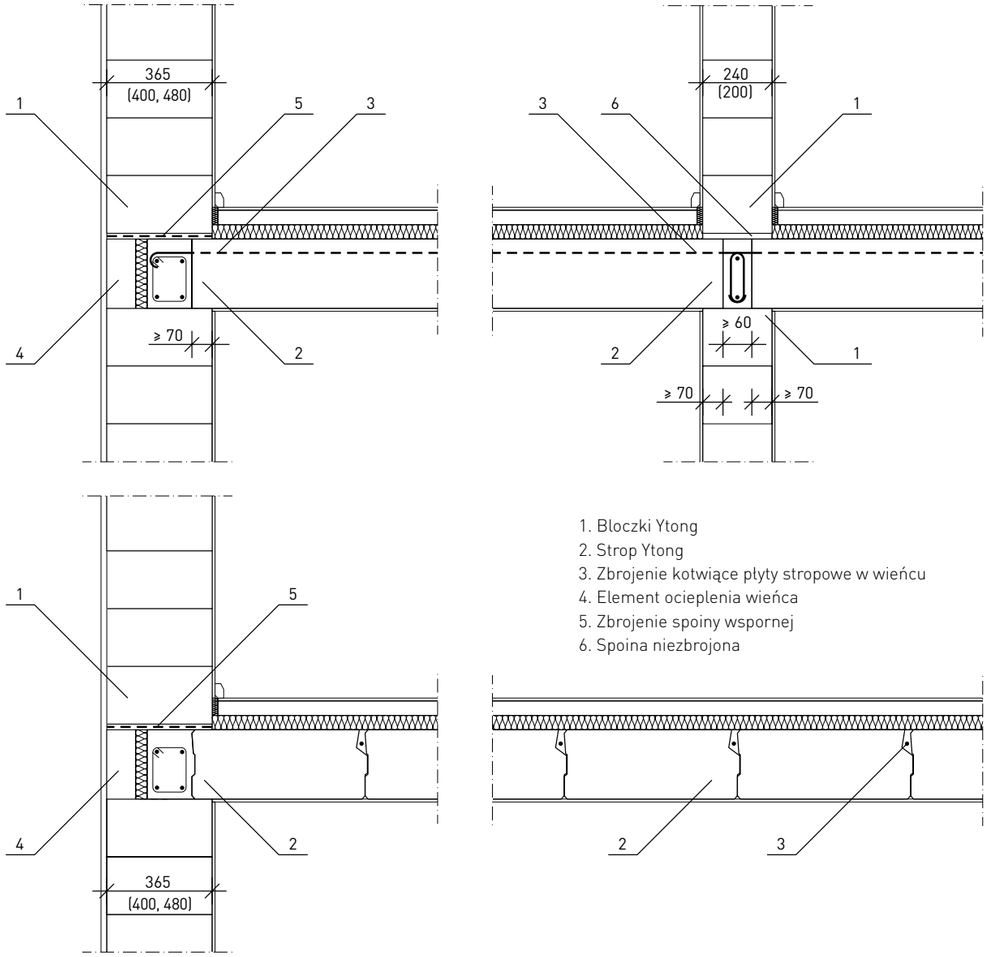
Rys. 3.4.7. Wylewane na budowie w deskowaniu z prefabrykowanych kształtek Ytong U żelbetowe nadproże okienne zintegrowane z wieńcem i podpierającymi słupkami żelbetowymi w kształtkach Ytong U

3.5. Stropy

Podstawową funkcją stropu jest przenoszenie obciążenia na ściany, a za ich pośrednictwem – na fundamenty budynku. Stropy dźwigają ciężar własny, obciążenia użytkowe i obciążenia od ścianek działowych. Usztywniają ściany budynku, oddzielają od siebie kondygnacje, tworzą podłoże pod podłogi i posadzki, pełnią funkcje przegród akustycznych i cieplnych między piętrami. W razie pożaru strop musi zapobiegać rozprzestrzenianiu się ognia na sąsiednie kondygnacje. Szczególnie ważna jest izolacja termiczna stropów nad piwnicami i poddaszami użytkowymi. Służą do tego niepalne izolacje, takie jak płyty Multipor. Izolacja dźwiękowa ma znaczenie w przypadku stropów oddzielających od siebie pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi. W pomieszczeniach wilgotnych stropy powinny być odporne na działanie wilgoci i przenikanie pary wodnej.
Na obciążenie stropu składają się: obciążenie stałe (ciężar konstrukcji stropu, warstw izolacyjnych i podłogowych, ciężar więźby dachowej, gdy obciąża ona strop nad najwyższą kondygnacją) oraz obciążenie zmienne (obciążenie użytkowe – ludzie i sprzęty oraz ciężar ścianek działowych stojących na stropie).
Konstrukcja stropów opiera się na ścianach nośnych budynku lub na ścianach i podciągach. Stropy układa się w kierunku krótszej rozpiętości pomieszczeń.

Rozwiązanie warstw podłogowych na surowym stropie zależy od przeznaczenia pomieszczeń, a warstwy podłogi można stosować w różnych wariantach. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem przy wykańczaniu surowego stropu jest tzw. podłoga pływająca. Jest to wylewka betonowa grubości około 5 cm, wykonana na materiale izolacyjnym (np. na płytach styropianowych). Aby podłoga taka stanowić mogła skuteczną izolację termiczną i akustyczną między kondygnacjami, wylewka betonowa na materiale izolacyjnym nie może mieć bezpośredniego styku ze stropem i ścianami. W tym celu wzdłuż całego obwodu ścian powinien być zakładany pas izolacji obwodowej o wysokości sięgającej do górnego poziomu wylewki betonowej.

Stropy płytowe Ytong ze zbrojonego betonu komórkowego
W systemie Ytong znajdują się prefabrykowane płyty stropowe ze zbrojonego betonu komórkowego. Stropy z płyt Ytong posiadają rozstaw w świetle podpór konstrukcji nośnej do 750 cm. Układa się je na zaprawie murarskiej Ytong bezpośrednio na murze. Głębokość oparcia płyt na ścianach z bloczków Ytong nie powinna być mniejsza niż 70 mm i 1/80 długości płyty w świetle podpór. Spoiny na styku płyt zbrojone są prętami ⌀ 8 mm. Szerokość wieńca żelbetowego, w którym kotwione są pręty zbrojenia styku płyt, powinna być nie mniejsza niż 60 mm. W ścianach zewnętrznych zaleca się zbrojenie spoiny wspornej nad stropem prętami ⌀ 3 mm o polu przekroju 100 mm^2/m długości ściany.



1. Bloczki Ytong
2. Strop Ytong
3. Zbrojenie kotwiące płyty stropowe w wieńcu
4. Element ocieplenia wieńca
5. Zbrojenie spoiny wspornej
6. Spoina niezbrojona

Rys. 3.5.1. Płyty stropowe Ytong oparte na ścianach z bloczków Ytong

W płytach stropowych Ytong można wykonywać otwory o średnicy poniżej 15 cm i wycięcia o głębokości mniejszej niż 15 cm, pod warunkiem że pozostanie nie mniej niż 3/4 przekroju całkowitego płyty w miejscu wykonania otworu lub wycięcia oraz nie zostanie naruszone zbrojenie podłużne. Z tego względu zaleca się określenie występowania otworów na etapie wykonywania planu montażowego. Otwory o średnicy powyżej 15 cm i wycięcia o głębokości powyżej 15 cm wykonuje się przy użyciu stalowych wymianów.

Tabela 3.4. Maksymalna długość [mm] płyt stropowych Ytong grub. 20 cm, w zależności od działających obciążeń[1)]

Obciążenie zmienne q_k [kN/m²]	Obciążenie stałe g_k [kN/m²] [2)]										
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,0	6080	6080	6080	5820	5520	5280	5070	4890	4740	4600	4480
0,5	6080	6080	6080	5730	5440	5210	5010	4840	4690	4560	4280
1,0	6080	6080	5970	5640	5370	5150	4960	4800	4550	4250	3990
1,5	6080	6080	5860	5550	5300	5090	4860	4520	4220	3960	3740
2,0	6080	6080	5760	5470	5220	4820	4480	4190	3940	3710	3520
2,5	6080	6000	5640	5170	4780	4450	4160	3910	3690	3500	3320
3,0	6080	5590	5130	4740	4420	4130	3880	3670	3480	3310	3150
3,5	5540	5090	4710	4380	4100	3860	3640	3460	3290	3140	3000
4,0	5040	4670	4350	4070	3830	3620	3440	3270	3120	2990	2860
4,5	4630	4320	4040	3810	3600	3420	3250	3110	2970	2850	2740
5,0	4280	4010	3790	3580	3400	3240	3090	2960	2840	2730	2630

[1)] W zależności od układu zbrojenia w płycie dopuszczalne długości mogą być większe.
[2)] Obciążenie stałe dodatkowych warstw stropu (obciążenie bez ciężaru własnego płyt)
Podane wartości dotyczą stropu podpartego obustronnie na szerokości 80 mm. Nośność stropu można zwiększyć, powiększając jego grubość lub szerokość oparcia.

Tabela 3.5. Maksymalna długość [mm] płyt stropowych Ytong grub. 24 cm, w zależności od działających obciążeń[1)]

Obciążenie zmienne q_k [kN/m²]	Obciążenie stałe g_k [kN/m²] [2)]										
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,0	6080	6080	6080	6080	6080	6050	5830	5640	5470	5090	4740
0,5	6080	6080	6080	6080	6080	5980	5770	5460	5050	4700	4400
1,0	6080	6080	6080	6080	6080	5890	5410	5010	4660	4370	4110
1,5	6080	6080	6080	6080	5830	5360	4970	4630	4340	4080	3860
2,0	6080	6080	6080	5780	5320	4930	4590	4310	4060	3860	3640
2,5	6080	6080	5720	5270	4890	4560	4280	4030	3810	3620	3450
3,0	6080	5670	5220	4850	4530	4250	4010	3790	3600	3430	3280
3,5	5620	5180	4810	4490	4220	3980	3770	3580	3410	3260	3120
4,0	5140	4770	4460	4190	3960	3750	3560	3400	3250	3110	2990
4,5	4740	4430	4160	3930	3730	3540	3380	3230	3100	2970	2860
5,0	4400	4140	3910	3700	3520	3350	3210	3080	2960	2850	2750

[1)] W zależności od układu zbrojenia w płycie dopuszczalne długości mogą być większe.
[2)] Obciążenie stałe dodatkowych warstw stropu (obciążenie bez ciężaru własnego płyt)
Podane wartości dotyczą stropu podpartego obustronnie na szerokości 80 mm. Nośność stropu można zwiększyć, powiększając jego grubość lub szerokość oparcia.

Tabela 3.6. Maksymalna długość [mm] płyt stropowych Ytong grub. 30 cm, w zależności od działających obciążeń[1)]

Obciążenie zmienne q_k [kN/m²]	Obciążenie stałe g_k [kN/m²] [2)]										
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,0	6080	6080	6080	6080	6080	6080	6080	5980	5520	5130	4790
0,5	6080	6080	6080	6080	6080	6080	5920	5470	5090	4760	4480
1,0	6080	6080	6080	6080	6080	5870	5430	5050	4730	4450	4200
1,5	6080	6080	6080	6080	5820	5380	5010	4690	4420	4170	3960
2,0	6080	6080	6080	5760	5340	4970	4660	4390	4150	3940	3750
2,5	6080	6080	5710	5290	4940	4630	4360	4120	3910	3730	3560
3,0	6080	5660	5250	4900	4600	4330	4100	3890	3710	3540	3390
3,5	5610	5210	4860	4570	4310	4080	3870	3690	3530	3380	3240
4,0	5170	4830	4540	4280	4050	3850	3670	3510	3360	3230	3110
4,5	4790	4510	4250	4030	3830	3650	3490	3350	3210	3090	2980
5,0	4480	4230	4000	3810	3630	3470	3330	3200	3080	2970	2870

[1)] W zależności od układu zbrojenia w płycie dopuszczalne długości mogą być większe.
[2)] Obciążenie stałe dodatkowych warstw stropu (obciążenie bez ciężaru własnego płyt)
Podane wartości dotyczą stropu podpartego obustronnie na szerokości 80 mm. Nośność stropu można zwiększyć, powiększając jego grubość lub szerokość oparcia.

Wymagana smukłość elementów:

a) dla płyt stropowych obciążonych nienośnymi, lekkimi ściankami działowymi

$$l_{eff}/h_{eff} \leqslant 27$$

b) w pozostałych przypadkach

$$l_{eff}/h_{eff} \leqslant 35$$

gdzie:
l_{eff} – obliczeniowa, efektywna rozpiętość płyty [m]

$$l_{eff} = l_n + 0{,}5a$$

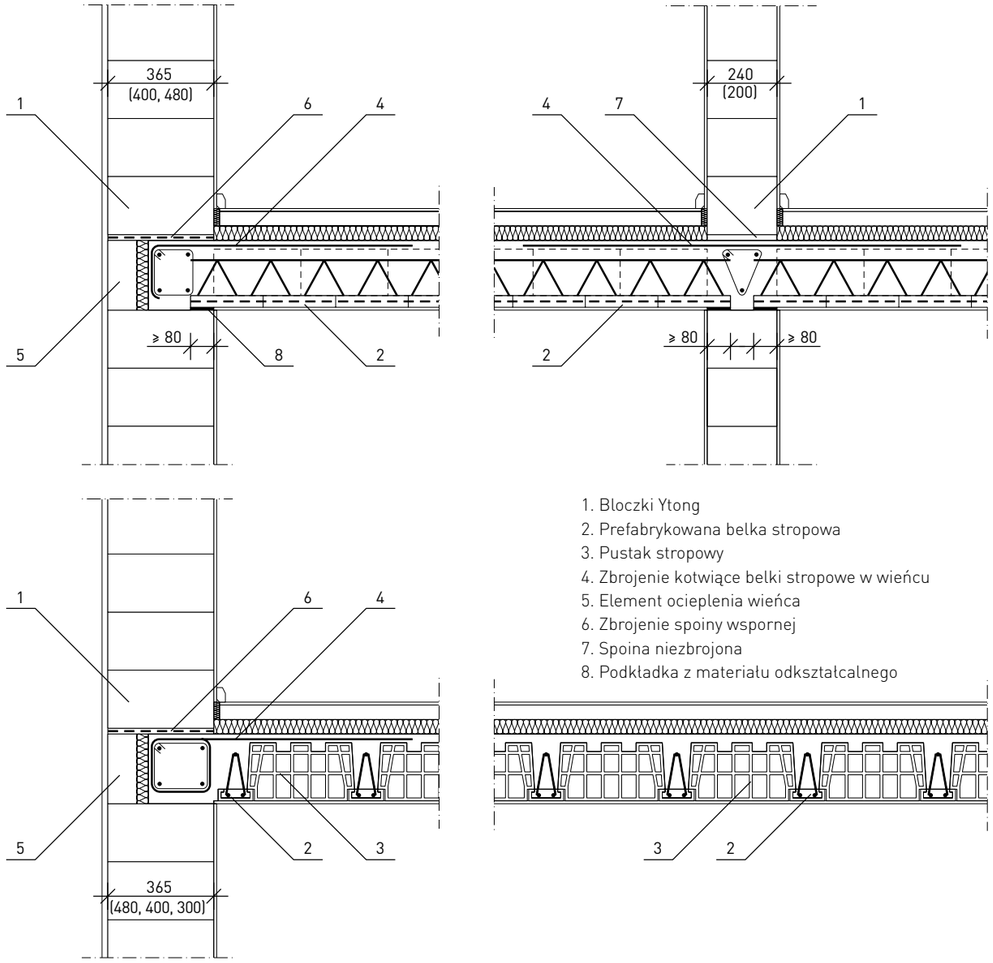
h_{eff} – obliczeniowa, efektywna grubość płyty [m]

$$d = h_{eff} - 0{,}02 \text{ m}$$

l_n – rozpiętość w świetle podpór [m]
a – głębokość podparcia [m]
d – grubość płyty [m]

Stropy gęstożebrowe

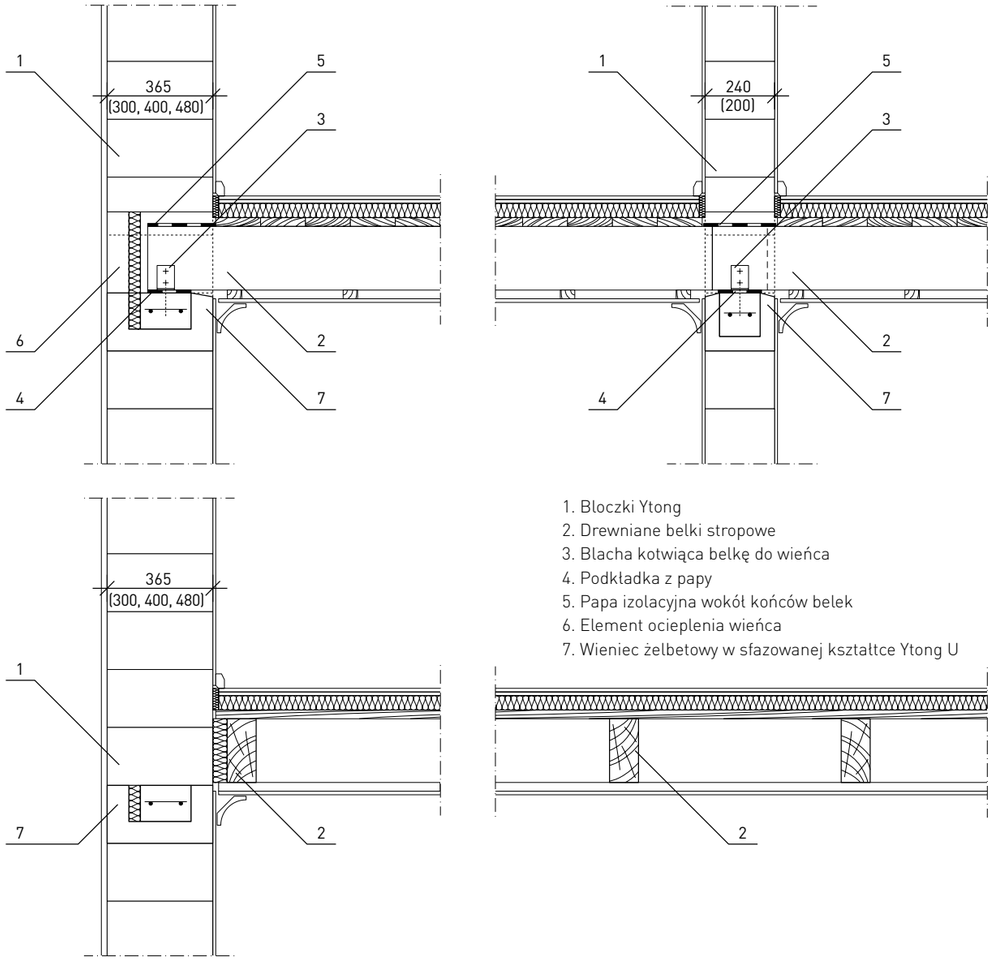
Stropy gęstożebrowe składają się z prefabrykowanych belek i wypełniających przestrzeń pomiędzy belkami pustaków. Na ułożony strop wylewana jest płyta betonowa z warstwą nadbetonu ponad pustakami, tworząca wzdłuż belek żebra nośne. Prostopadle do belek stropu wykonuje się tzw. żebra rozdzielcze, które usztywniają strop i zapobiegają jego „klawiszowaniu". Głębokość oparcia belek stropowych na ścianie z bloczków Ytong powinna być zgodna z wymaganiami technicznymi zastosowanego stropu, jednak nie mniejsza niż 80 mm. Dodatkowe zbrojenie kotwiące z wieńcem powinno wchodzić w strop na głębokość 1/4 jego rozpiętości.



Rys. 3.5.2. Strop gęstożebrowy oparty na ścianach z bloczków Ytong

Belkowe stropy drewniane

Ekonomiczna rozpiętość belek w stropie drewnianym nie powinna przekraczać 6,00 m, a ich ugięcie 1/300 rozpiętości. Rozstaw osiowy belek to 60–90 cm. Długość oparcia belki na murze powinna być równa co najmniej jej wysokości. Belki stropów drewnianych opiera na wieńcu żelbetowym wykonanym w kształtkach U. W odstępach co 2,0 do 2,5 m belki należy łączyć ze ścianą łącznikami z blachy zamocowanymi do wieńca. Ze względu na dość znaczne ugięcia belek drewnianych pod stropami o rozpiętości powyżej 4,50 m krawędź kształtki U należy sfazować o ok. 5 mm, co pozwoli uniknąć krawędziowego nacisku belki na beton komórkowy. Końce belek drewnianych zabezpiecza się przed zawilgoceniem poprzez owinięcie papą z pozostawionym odkrytym czołem belki.



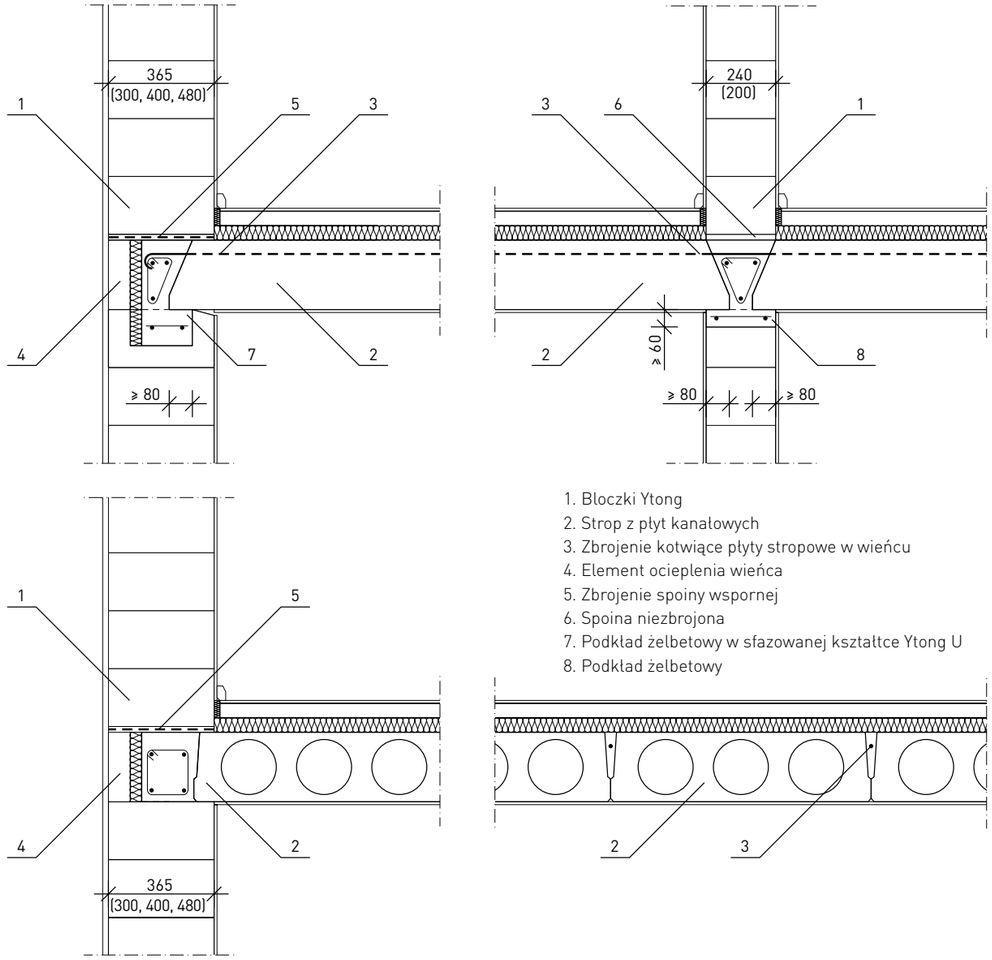
1. Bloczki Ytong
2. Drewniane belki stropowe
3. Blacha kotwiąca belkę do wieńca
4. Podkładka z papy
5. Papa izolacyjna wokół końców belek
6. Element ocieplenia wieńca
7. Wieniec żelbetowy w sfazowanej kształtce Ytong U

Rys. 3.5.3. Drewniany strop belkowy oparty na ścianach z bloczków Ytong

Stropy z betonowych płyt kanałowych

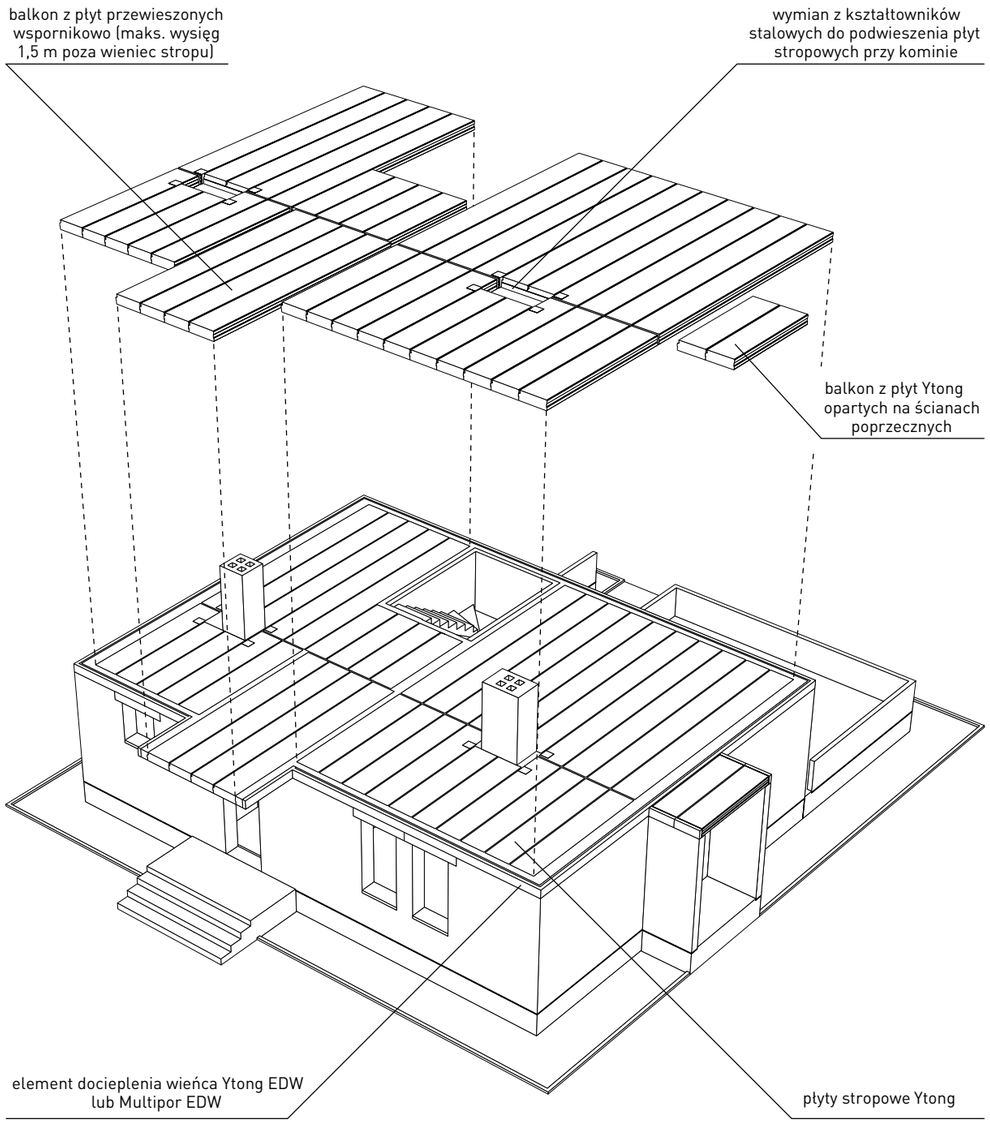
Aby uniknąć oparcia betonowych płyt bezpośrednio na ścianie z betonu komórkowego, zaleca się przed oparciem stropu wykonanie wieńca betonowego wylanego w kształtkach U, sfazowanych o ok. 5 mm. Za głębokość oparcia płyty na ścianie (min. 80 mm) przyjmuje się wielkość oparcia na warstwie betonu zwykłego (bez grubości kształtki U). W ścianach zewnętrznych kształtki U powinny mieć od strony zewnętrznej założone ocieplenie.

Na ścianie wewnętrznej warstwę betonu zwykłego pod płyty stropowe układa się bezpośrednio na ostatniej warstwie bloczków Ytong. Zbrojenie warstwy betonu pod płytami stropowymi wykonuje się z 2 prętów Ø 8 mm.

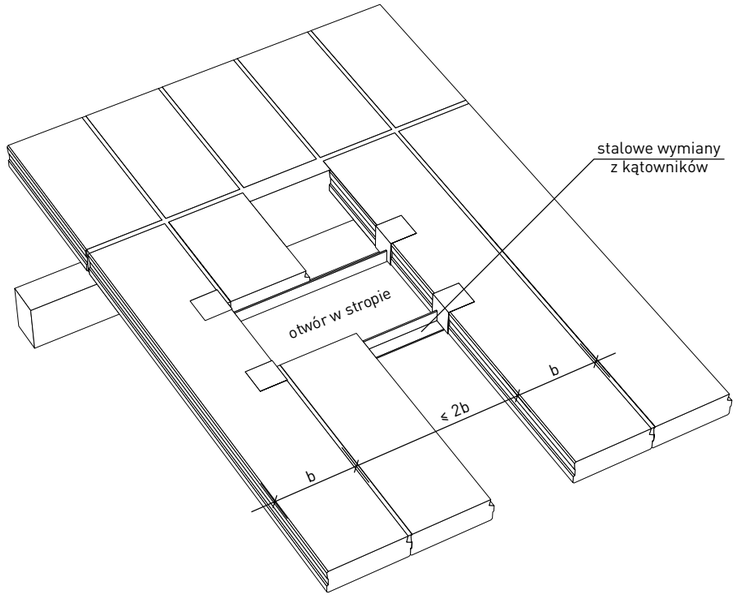


1. Bloczki Ytong
2. Strop z płyt kanałowych
3. Zbrojenie kotwiące płyty stropowe w wieńcu
4. Element ocieplenia wieńca
5. Zbrojenie spoiny wspornej
6. Spoina niezbrojona
7. Podkład żelbetowy w sfazowanej kształtce Ytong U
8. Podkład żelbetowy

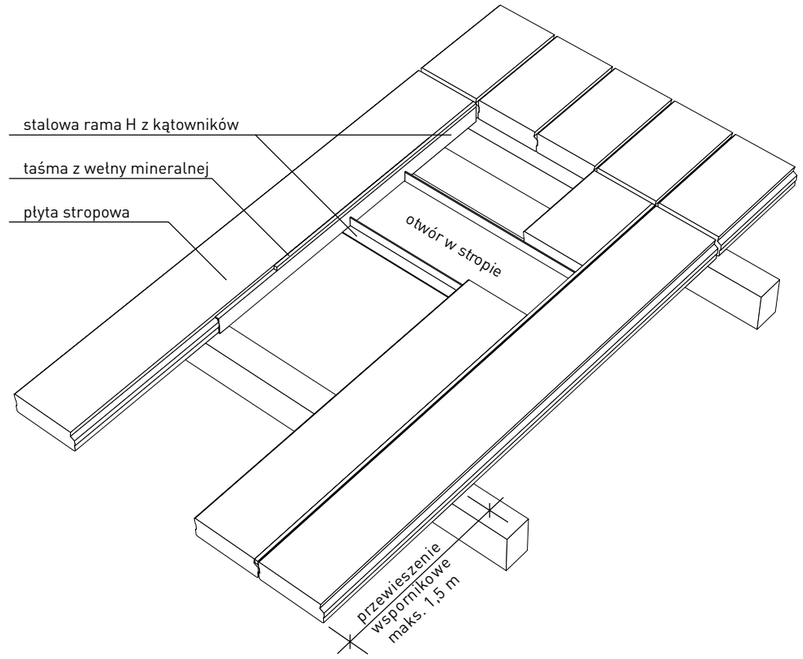
Rys. 3.5.4. Strop z płyt kanałowych oparty na ścianach z bloczków Ytong



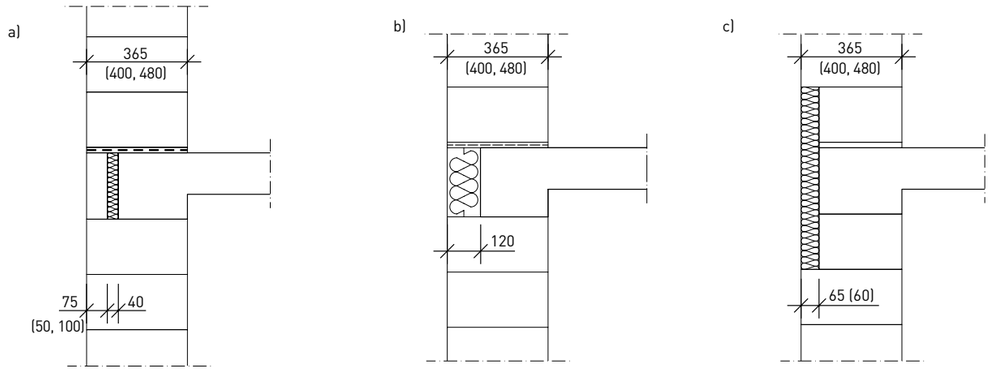
Rys. 3.5.5. Zastosowanie płyt stropowych Ytong w domu jednorodzinnym



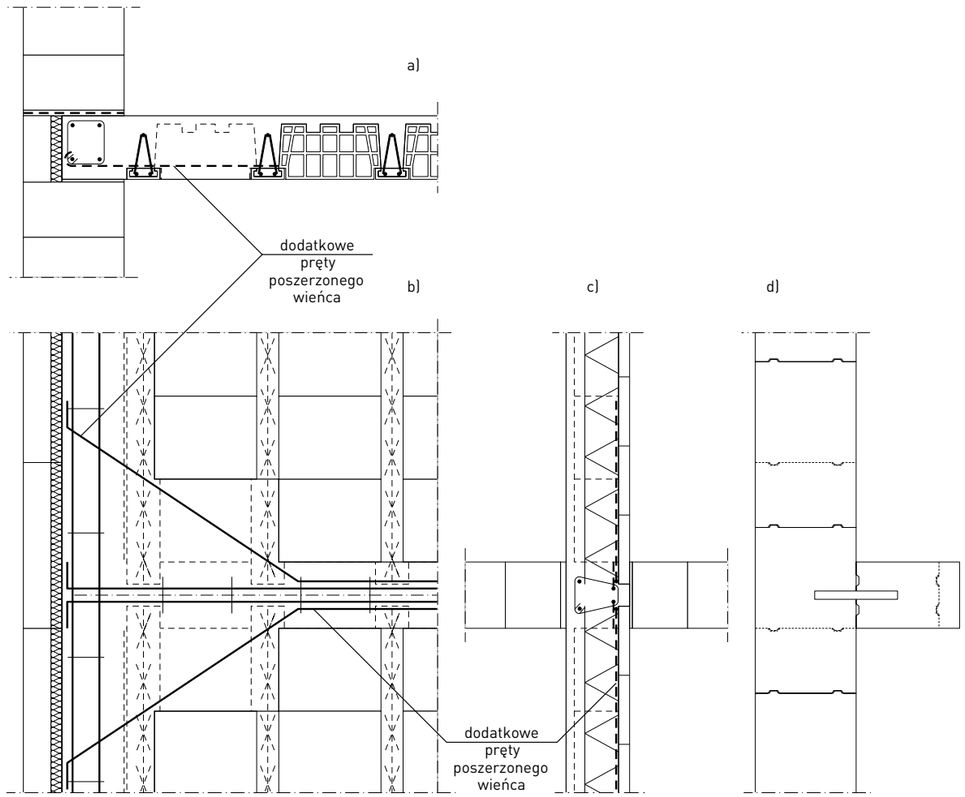
Rys. 3.5.6. Rozwiązanie otworu w stropie z płyt Ytong z zastosowaniem stalowych wymianów z kątowników opartych na sąsiednich płytach stropowych (możliwe po sprawdzeniu nośności płyt)



Rys. 3.5.7. Rozwiązanie otworu w stropie z płyt Ytong z zastosowaniem stalowej ramy typu H opartej na ścianach nośnych lub podciągach



Rys. 3.5.8. Schematy rozwiązania izolacji termicznej wieńca żelbetowego stropu płytowego w ścianach z bloczków Ytong:
a) zastosowanie elementu ocieplenia wieńca Ytong EDW
b) zastosowanie elementu ocieplenia wieńca Multipor EDW, klejonego za pomocą systemowej zaprawy oraz szpachlowanego tą samą zaprawą z zatopioną siatką
c) zastosowanie zewnętrznej płyty ocieplającej



Rys. 3.5.9. Schematy rozwiązania poszerzonego wieńca stropu gęstożebrowego nad połączeniem „na dotyk" ścian z bloczków Ytong (wewnętrznej ściany nośnej z zewnętrzną):
a) przekrój poprzeczny stropu przy ścianie zewnętrznej
b) rzut stropu z układem zbrojenia poszerzonego wieńca
c) przekrój podłużny stropu przy ścianie wewnętrznej
d) rzut połączenia ścian z układem bloczków Ytong

Ograniczenie ugięć stropów

Ugięcia stropów to odkształcenia, które powinno się ograniczać zgodnie z wymaganiami użytkowymi budynku już na etapie projektowania.

Ugięcia stropów mogą powodować powstawanie zarysowań na ścianach wypełniających układy konstrukcyjne. Rysy takie mogą pojawiać się na wszystkich typach ścian murowanych, wykonanych zarówno z ceramiki, jak i z bloczków z betonu komórkowego. Przy ugięciach stropów zbliżonych do dopuszczalnych zabezpieczenie ścian wypełniających przed zarysowaniem można wykonać poprzez całkowite oddylatowanie ścian od konstrukcji nośnej. Zabieg ten nie zawsze jest skuteczny, gdyż ściany pod własnym ciężarem zaczynają pracować jak tarcze ścienne podparte na stropie w rejonie słupów konstrukcyjnych. Przy niekorzystnym rozkładzie ścian i występujących w nich otworach drzwiowych i okiennych powstają zarysowania, najczęściej w strefach nadproży. Intensywny rozwój programów komputerowych do obliczeń statycznych stropów oraz rozwój technik zbrojenia stropów, zwłaszcza na ścinanie, doprowadził do stosowania w praktyce stropów o coraz większej smukłości (stosunek rozpiętości obliczeniowej do wysokości przekroju), których ugięcia rzeczywiste zbliżone są do wartości dopuszczalnych przez normy.

W niemieckiej praktyce budowlanej prowadzono wieloletnie obserwacje zarysowań ścian wypełniających o różnej konstrukcji, wykonywanych na stropach. Zebrane doświadczenia doprowadziły do normatywnego ograniczenia smukłości stropów przeznaczonych do zabudowy działowymi ścianami wypełniającymi. Dla takich stropów, niezależnie od konstrukcji ścian wypełniających, stosunek rozpiętości stropu – L_i [m] – do użytecznej wysokości przekroju (grubości stropu) – d [m] – powinien spełniać warunek: $L_i^2/d \leqslant 150$.

Spełnienie powyższego warunku odnoszącego się do stropów swobodnie podpartych ogranicza problem zarysowań ścian do minimum. Pojawianie się rys powinno być wówczas zjawiskiem sporadycznym niestwarzającym istotnego problemu dla inwestora.

3.6. Stropodachy, tarasy, balkony

Stropodachy to przekrycia budynku, które pod względem konstrukcyjnym i funkcjonalnym pełnią jednocześnie funkcję stropu i dachu. Stropodachy przenoszą obciążenia od śniegu i wiatru oraz zabezpieczają wnętrze budynku przed opadami atmosferycznymi i wahaniami temperatury. Do izolacji stropodachów zaleca się stosowanie płyt Multipor.

Ze względu na konstrukcję, układ warstw i fizykę budowli stropodachy dzielimy na:

- **Stropodachy wentylowane** – stropodachy, w których stropy z ociepleniem oddzielone są od warstwy pokrycia zewnętrznego przestrzenią wentylowaną. Jest to konstrukcja najbardziej niezawodna i korzystna z punktu widzenia fizyki budowli i komfortu użytkowego pod stropodachem. Rozróżniamy stropodachy wentylowane:
  - Kanalikowe – nad materiałem termoizolacyjnym wykonywane są kanaliki, np. poprzez ułożenie na warstwie termoizolacji blachy trapezowej jako podkładu pod wylewkę wierzchnią.
  - Szczelinowe – nad materiałem termoizolacyjnym tworzy się szczeliny przez rozdzielenie płyt dachowych i termoizolacji (np. z ułożonych bezpośrednio nad termoizolacją betonowych płyt korytkowych).
  - Dwudzielne – stropodachy z niską przestrzenią przełazową, utworzoną przez płaski dach z pokryciem nad stropem, na którym rozłożona jest termoizolacja. Konstrukcja górnej połaci stropodachu dwudzielnego może być wykonana z płyt korytkowych ułożonych na ściankach ażurowych z cegieł Silka 1NF lub w postaci lekkiej konstrukcji drewnianej bądź stalowej poszytej sklejką wodoodporną.
- **Stropodachy pełne (bez wentylacji)** – stropodachy, w których wszystkie warstwy szczelnie do siebie przylegają, bez szczelin lub kanalików umożliwiających przepływ powietrza. Rozróżniamy:
  - Stropodachy o tradycyjnym układzie warstw – hydroizolacja stanowi wierzchnią warstwę stropodachu, a pod warstwą ocieplenia z wełny mineralnej lub ze styropianu znajduje się paroizolacja zapobiegająca kondensacji przenikającej przez przegrodę pary wodnej.

– Stropodachy o odwróconym układzie warstw – hydroizolacja znajduje się pod warstwą termoizolacji z polistyrenu ekstrudowanego, dzięki czemu nie występuje ryzyko kondensacji pary wodnej, a warstwa hydroizolacyjna osłonięta jest przed wpływami atmosferycznymi i ryzykiem uszkodzenia mechanicznego. Płyty termoizolacyjne pokryte są warstwą dociskową ze żwiru. Charakterystyczną cechą stropodachów o odwróconym układzie warstw jest spływanie wody opadowej po kilku poziomach.

- **Stropodachy odpowietrzane** – odmiana stropodachów pełnych, w których pod pokrycie papowe założona jest np. perforowana papa podkładowa. Dzięki perforacjom umożliwia ona likwidację powstającego nadciśnienia powietrza i pary wodnej, a tym samym usunięcie pęcherzy.

Stropodach o dowolnej konstrukcji wykonany na stropie ze zbrojonych płyt z betonu komórkowego Ytong ma tę zaletę, że łączy funkcję konstrukcyjną z właściwościami termoizolacyjnymi betonu komórkowego, dzięki czemu zmniejsza się grubość dodatkowego ocieplenia stropodachu.

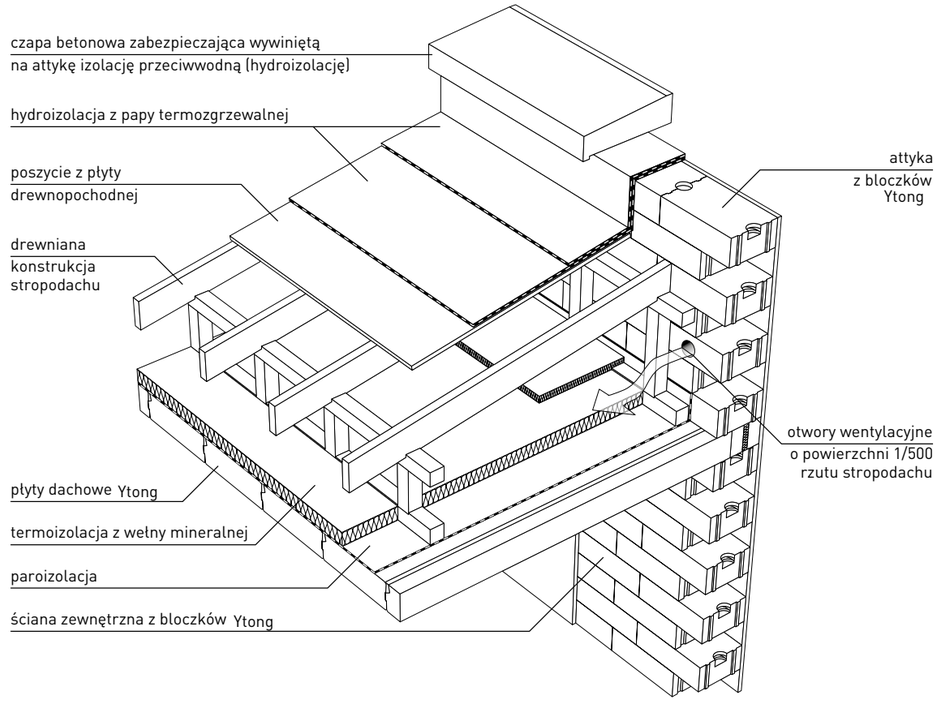
Wymogi ogólne dotyczące projektowania stropodachów

Przy odwodnieniu wewnętrznym koryta spustowe powinny być odsunięte co najmniej 1 m od przyległych do stropodachu ścian, a wypłaszczenie przy leju wpustowym musi mieć średnicę 1 m.
W stropodachu bez attyki z odwodnieniem wewnętrznym i spadku do 3° krawędź powinna być podniesiona co najmniej 10 cm powyżej poziomu warstwy ochronnej ze żwiru lub jeżeli jej nie ma, powyżej papy nawierzchniowej.
W stropodachach z attyką, ze względu na znaczne wahania temperatury wpływające na zmianę długości elementów, attyki murowane należy zbroić, a attyki betonowe dylatować w odstępach co 5 m.
Powierzchnia otworów wentylacyjnych w wentylowanych stropodachach dwudzielnych powinna wynosić 1/500 powierzchni rzutu. Cała powierzchnia powinna być wentylowana równomiernie, a otwory wentylacyjne umieszczone na przeciwległych stronach.

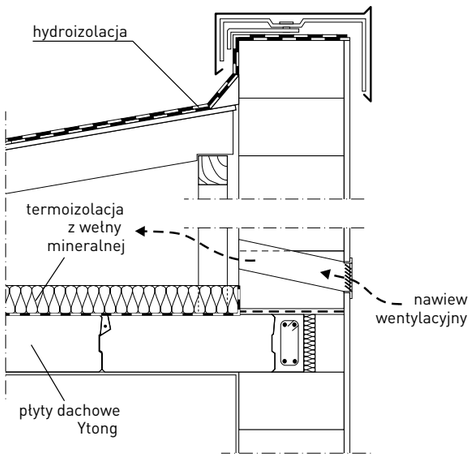
Wysokość przestrzeni powietrznej w najniższym punkcie musi wynosić minimum 10 cm. Należy dążyć do uzyskania wysokości znacznie większych i spadku połaci co najmniej 5° (około 9%).

Tarasy – stropodachy tarasowe najczęściej wykonywane są jako stropodachy pełne o tradycyjnym lub odwróconym układzie warstw z dodaną dodatkową wierzchnią warstwą użytkową. Wentylowane stropodachy dwudzielne rzadko są projektowane jako tarasy z powodu swojej znacznej wysokości, która przy wyrównaniu poziomu użytkowego tarasu i przyległego wnętrza powodowałaby obniżenie poziomu sufitu w pomieszczeniach pod tarasem o około 1 m. Konstrukcja warstw w tarasach musi uwzględniać występujące tam obciążenia.
Przy odwodnieniu na zewnątrz ograniczenie tarasu stanowi balustrada. Jej słupki powinny być mocowane na zewnątrz uszczelnionej powierzchni tarasu, a jeżeli jest to niemożliwe, należy zastosować mocowanie z kołnierzami uszczelniającymi. Przy odwodnieniu wewnętrznym ograniczeniem tarasu jest mur attykowy – balustradę mocować można do betonowego elementu zabezpieczającego attykę.

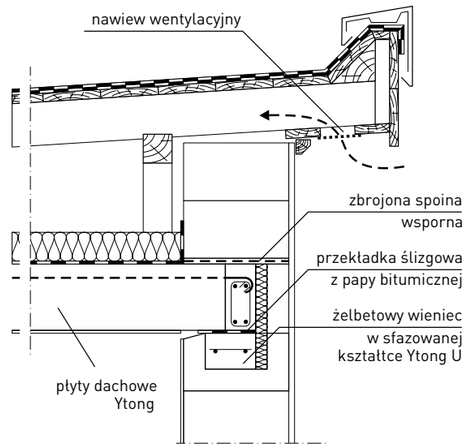
Balkony – wspornikowo wysunięte poza lico ściany betonowe płyty stropowe powinny być ocieplone termoizolacją o grubości co najmniej 10 cm. Ze względu na możliwość przemarzania przewieszenie płyty stropowej nie powinno przekraczać jej dwukrotnej grubości.
Oparcie na ścianie zewnętrznej wspornikowo wysuniętych płyt stropowych Ytong umożliwia wykonanie balkonu bez powstania na styku ze ścianą zewnętrzną mostka cieplnego. Wspornikowe wysunięcie płyt Ytong poza oś budynku możliwe jest do 1,50 m. Rozwiązanie to wymaga zastosowania na odcinku balkonu wieńca podstropowego, zapewniającego ciągłość wieńca obwodowego występującego w płaszczyźnie stropu.
Najbardziej niezawodne mocowanie balustrady na balkonach polega na mocowaniu jej od spodu płyty balkonowej, ponieważ nie koliduje to z warstwami wykończeniowymi powierzchni balkonu.



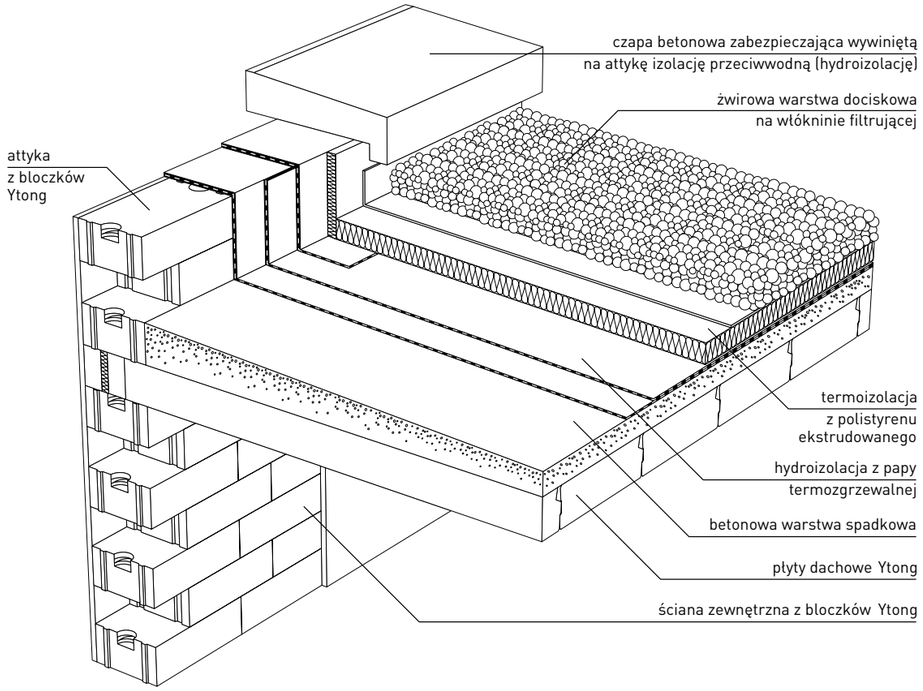
Rys. 3.6.1. Dwudzielny stropodach wentylowany z odwodnieniem wewnętrznym i attyką z bloczków Ytong; konstrukcja stropodachu drewniana, oparta na stropie z płyt Ytong



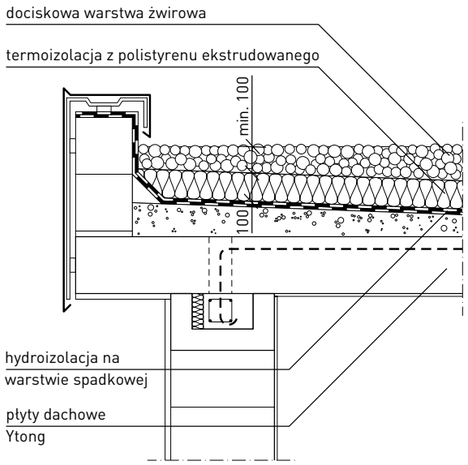
Rys. 3.6.2. Dwudzielny stropodach wentylowany z attyką z bloczków Ytong i drewnianą konstrukcją opartą na stropie z płyt Ytong



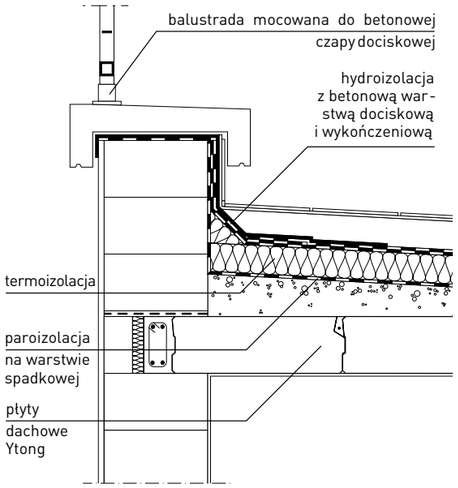
Rys. 3.6.3. Dwudzielny stropodach wentylowany z przewieszonym okapem i drewnianą konstrukcją opartą na stropie z płyt Ytong



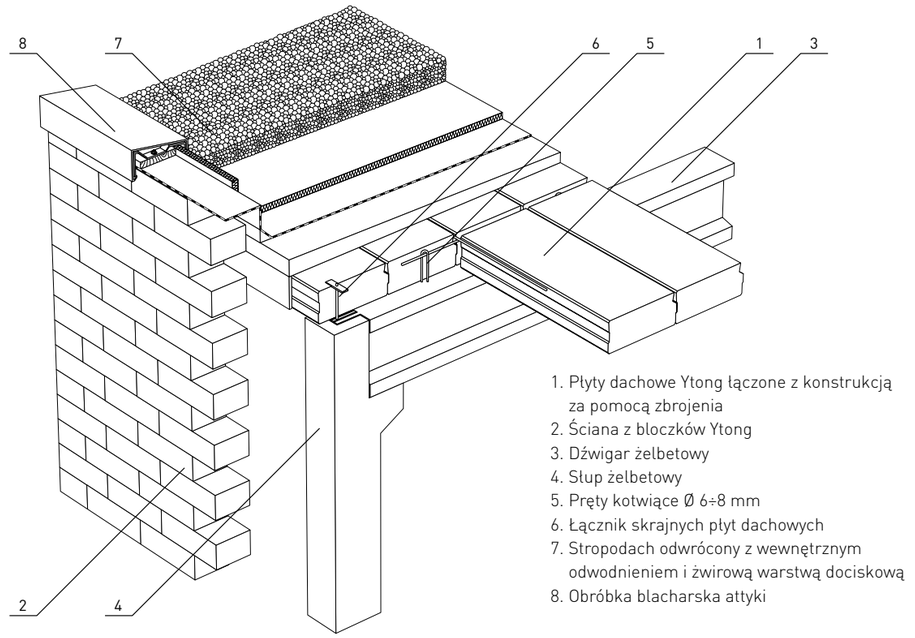
Rys. 3.6.4. Stropodach pełny o odwróconym układzie warstw z odwodnieniem wewnętrznym i attyką z bloczków Ytong; konstrukcja stropodachu wykonana na stropie z płyt dachowych Ytong



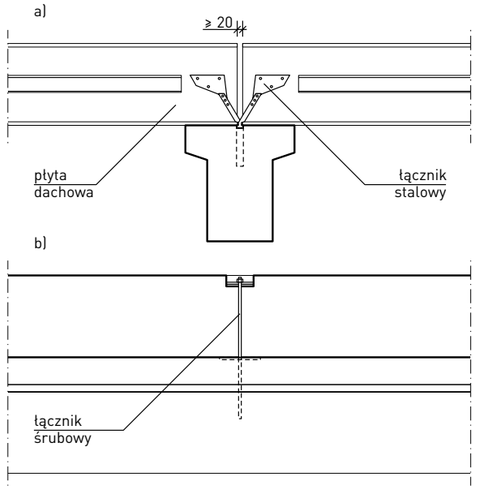
Rys. 3.6.5. Stropodach pełny o odwróconym układzie warstw na przewieszonym stropie z płyt dachowych Ytong i z attyką z bloczków Ytong



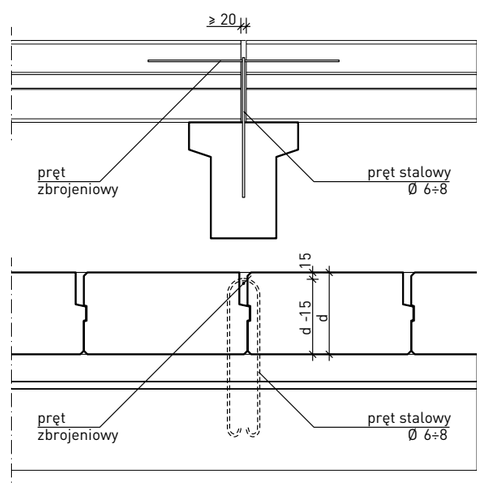
Rys. 3.6.6. Taras – stropodach pełny o tradycyjnym układzie warstw na stropie z płyt dachowych Ytong i z attyką z bloczków Ytong



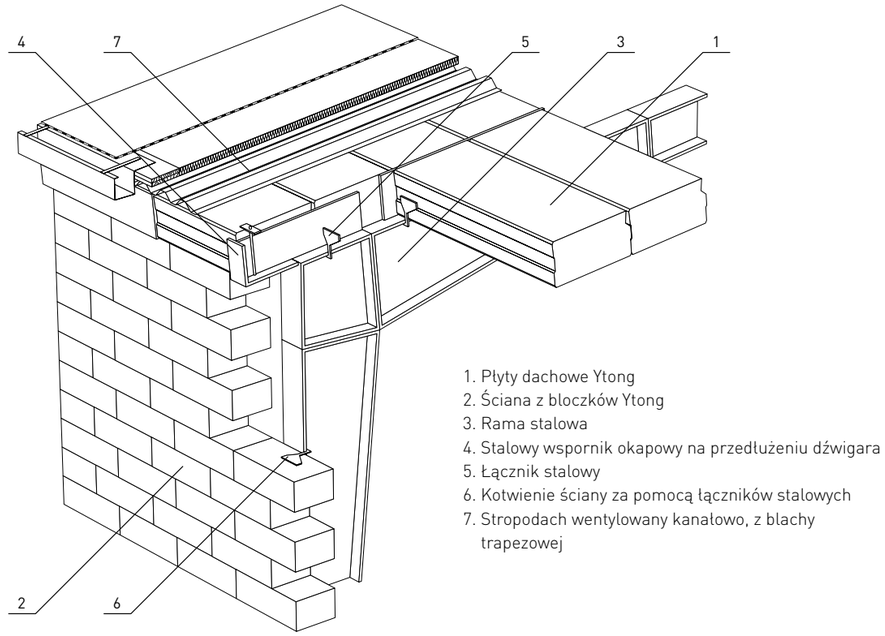
Rys. 3.6.7. Stropodach budynku halowego o konstrukcji żelbetowej z obudową z płyt dachowych i bloczków ściennych Ytong



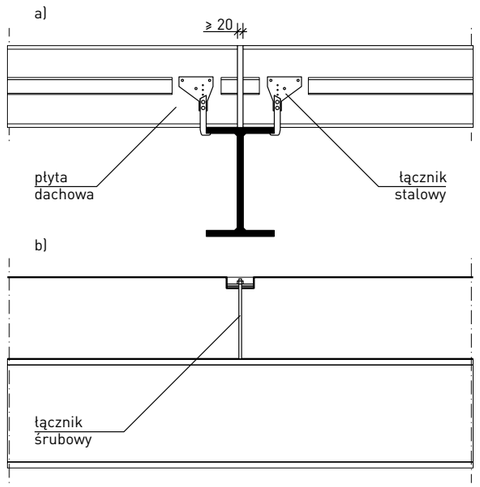
Rys. 3.6.8 . Mocowanie płyt dachowych Ytong do konstrukcji żelbetowej:
a) zastosowanie łączników systemowych – przekrój podłużny
b) zastosowanie łączników śrubowych – przekrój poprzeczny



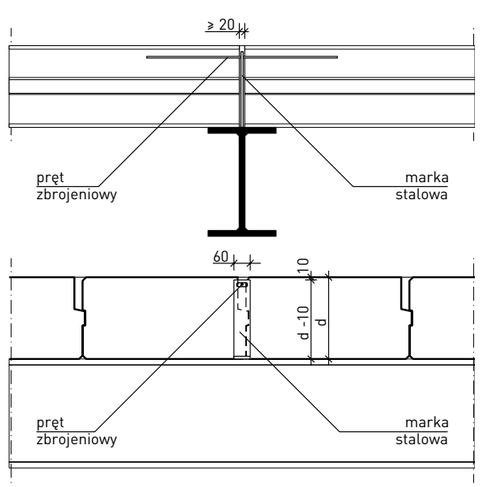
Rys. 3.6.9. Połączenie płyt dachowych Ytong z konstrukcją żelbetową za pomocą zbrojenia – przekrój podłużny i poprzeczny względem kierunku rozpięcia płyt



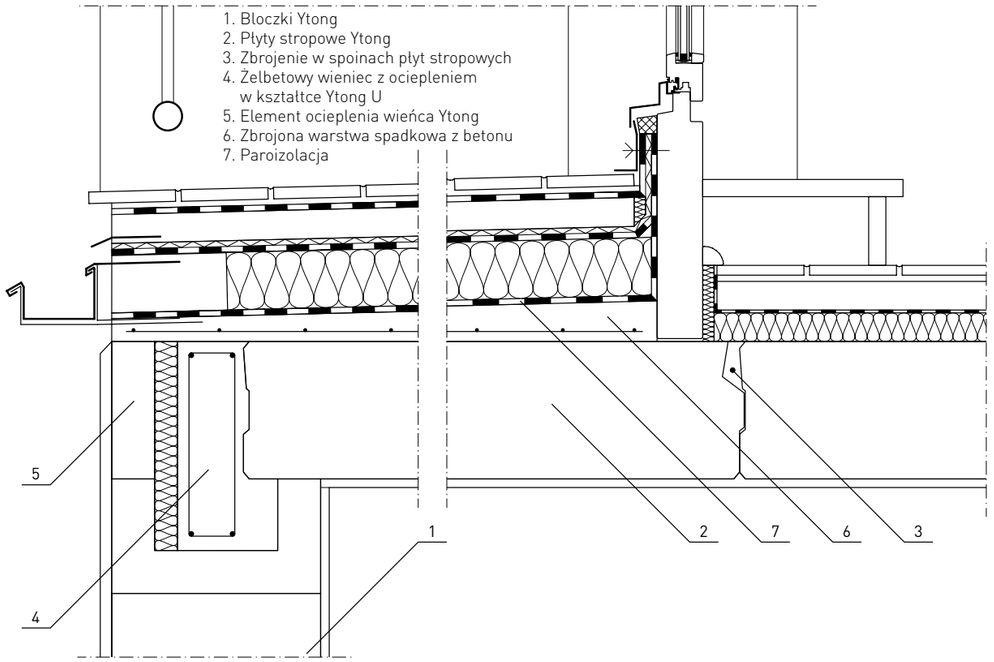
Rys. 3.6.10. Stropodach budynku halowego o konstrukcji stalowej z obudową z płyt dachowych i bloczków ściennych Ytong



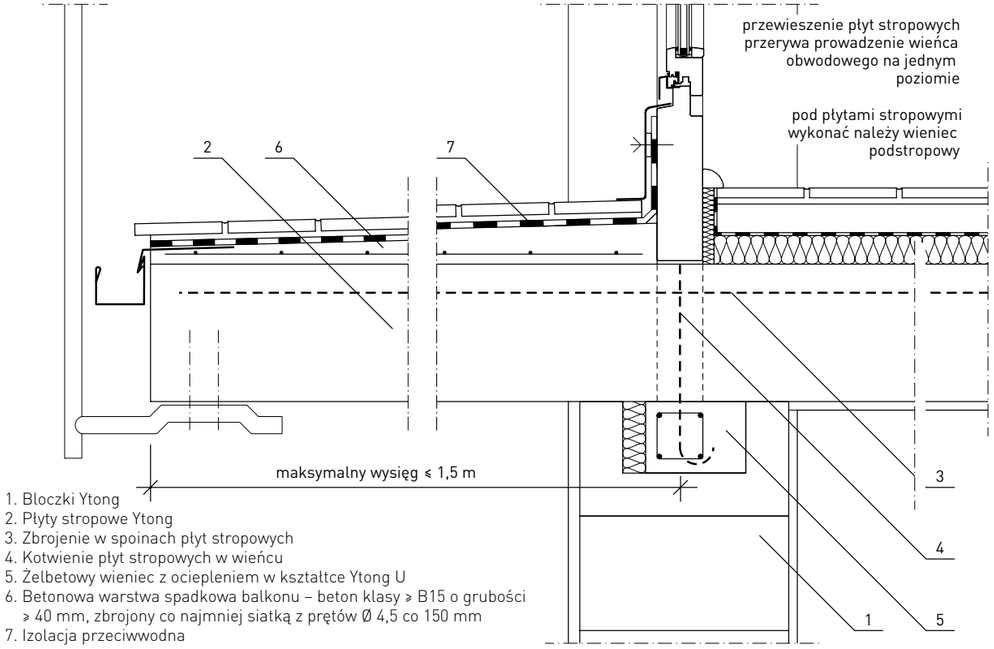
Rys. 3.6.11. Mocowanie płyt dachowych Ytong do konstrukcji stalowej:
a) zastosowanie łączników systemowych – przekrój podłużny
b) zastosowanie łączników śrubowych – przekrój poprzeczny



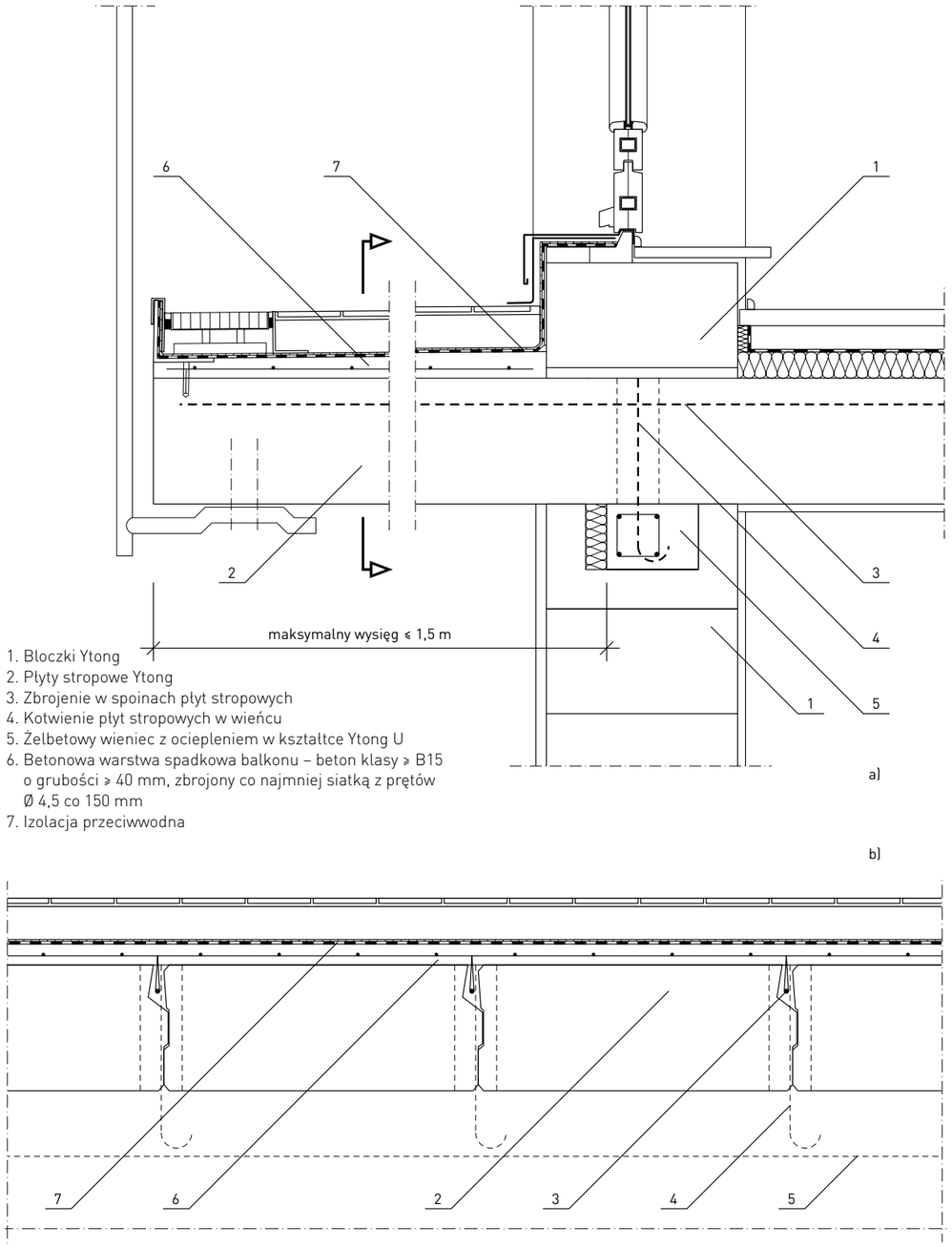
Rys. 3.6.12. Połączenie płyt dachowych Ytong z konstrukcją stalową za pomocą zbrojenia – przekrój podłużny i poprzeczny względem kierunku rozpięcia płyt



Rys. 3.6.13. Taras z brzegowym odwodnieniem rynnowym wykonany w formie stropodachu pełnego na płytach stropowych Ytong - przekrój prostopadły do kierunku rozpięcia płyt stropowych

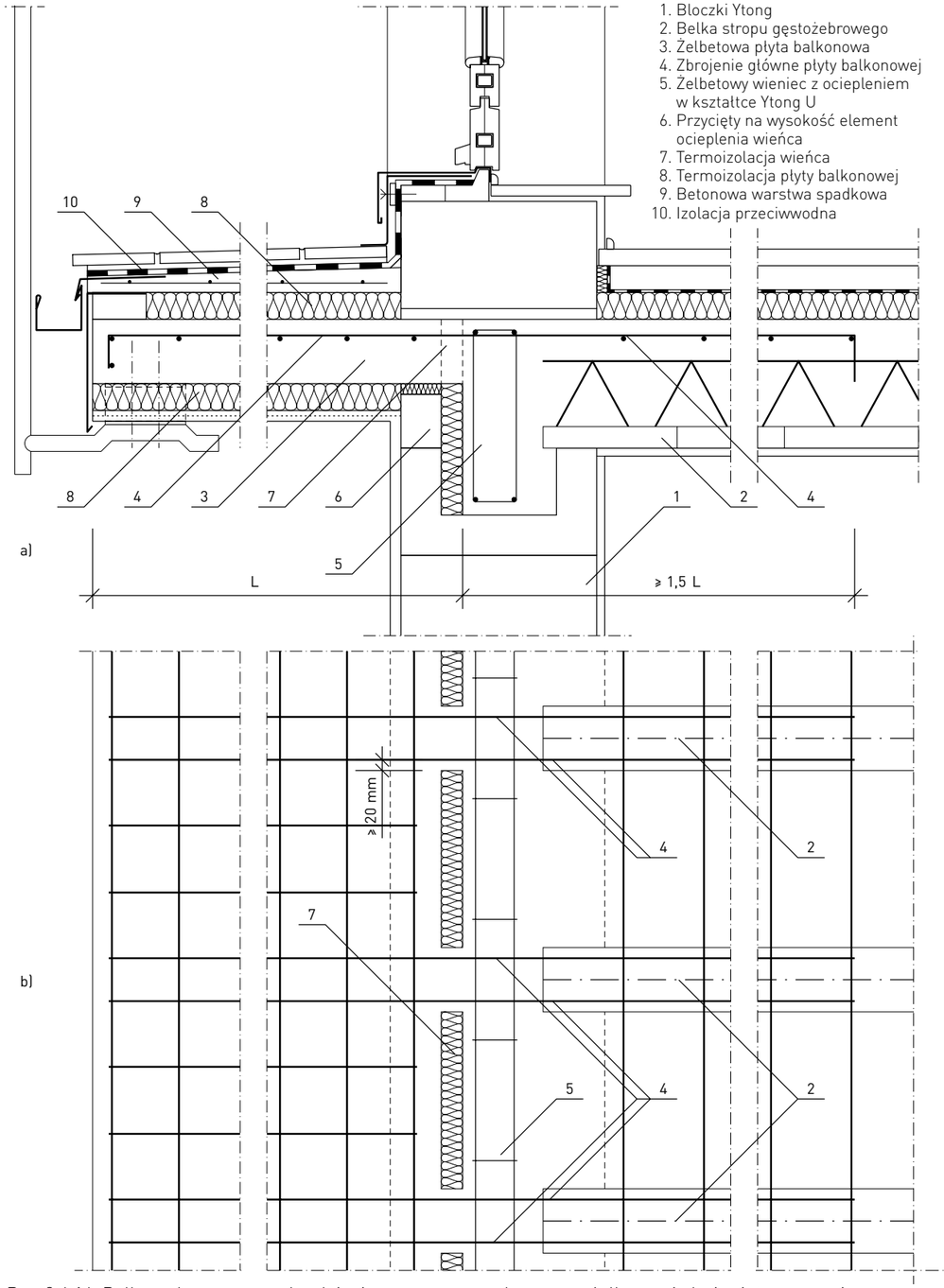


Rys. 3.6.14. Balkon z brzegowym odwodnieniem rynnowym wykonany na przewieszonych płytach stropowych Ytong – przekrój równoległy do kierunku rozpięcia płyt stropowych



1. Bloczki Ytong
2. Płyty stropowe Ytong
3. Zbrojenie w spoinach płyt stropowych
4. Kotwienie płyt stropowych w wieńcu
5. Żelbetowy wieniec z ociepleniem w kształtce Ytong U
6. Betonowa warstwa spadkowa balkonu – beton klasy ⩾ B15 o grubości ⩾ 40 mm, zbrojony co najmniej siatką z prętów Ø 4,5 co 150 mm
7. Izolacja przeciwwodna

Rys. 3.6.15. Balkon z brzegowym odwodnieniem liniowym wykonany na przewieszonych płytach stropowych Ytong:
a) przekrój równoległy do kierunku rozpięcia płyt stropowych
b) przekrój prostopadły do kierunku rozpięcia płyt stropowych



1. Bloczki Ytong
2. Belka stropu gęstożebrowego
3. Żelbetowa płyta balkonowa
4. Zbrojenie główne płyty balkonowej
5. Żelbetowy wieniec z ociepleniem w kształtce Ytong U
6. Przycięty na wysokość element ocieplenia wieńca
7. Termoizolacja wieńca
8. Termoizolacja płyty balkonowej
9. Betonowa warstwa spadkowa
10. Izolacja przeciwwodna

Rys. 3.6.16. Balkon z brzegowym odwodnieniem rynnowym wykonany na żelbetowej płycie zintegrowanej ze stropem gęstożebrowym:
a) przekrój równoległy do kierunku rozpięcia belek stropowych
b) schematyczny rzut zbrojenia płyty balkonowej

3.7. Dachy skośne

Podstawowym zadaniem dachu jest solidne zabezpieczenie budynku przed wpływem czynników zewnętrznych.
Ze względu na funkcję i związane z nią rozwiązania architektoniczno-budowlane dachy skośne dzielimy na dachy z poddaszem nieużytkowym i dachy z poddaszem użytkowym.

- W dachach z poddaszem nieużytkowym termoizolacja rozkładana jest na stropie górnej kondygnacji. Wentylacja takiego poddasza odbywa się poprzez otwory wlotowe pod okapem dachu i wylotowe w górnej części ścian szczytowych i pod kalenicą.
- W budynkach nowo wznoszonych dachy najczęściej projektowane są z poddaszami użytkowymi. W takich przypadkach termoizolacja umieszczana jest w grubości połaci dachowej. Współczynnik przenikania ciepła połaci ocieplonych dachów skośnych nie powinien być większy niż 0,20 W/(m^{2}K), co oznacza, że grubość materiału termoizolacyjnego nie może być mniejsza niż 18–20 cm. Układ warstw w ocieplonej połaci dachu powinien zabezpieczać wnętrze przed opadami atmosferycznymi i wahaniami temperatury, a ponadto ma chronić więźbę dachu i termoizolację przed ryzykiem zawilgocenia na skutek kondensacji przenikającej od strony wnętrza pary wodnej. Prawidłowe zaprojektowanie termoizolacji, warstwy wstępnego krycia, szczelin wentylacyjnych i innych elementów składowych jest możliwe w wielu wariantach uzależnionych od takich czynników jak: wysokość krokwi, nachylenie połaci dachowych, rozwiązanie wentylacji połaci itd. Aby zablokować napływ pary wodnej w ocieplonych połaciach od strony wnętrza stosuje się paroizolację.
  Alternatywą dla tradycyjnego sposobu ocieplenia jest zastosowanie płyt dachowych Ytong ze zbrojonego betonu komórkowego, które powodują, że wykonana z nich połać dachowa ma podobne parametry termoizolacyjne i bezwładność cieplną jak ściany zewnętrzne na niższych kondygnacjach.

Dachy w systemie Ytong wykonywane są ze zbrojonych płyt dachowych układanych równolegle lub prostopadle do kalenicy.

- Płyty dachowe równoległe do kalenicy, oparte na ścianach poprzecznych i szczytowych, najczęściej układa się na styk z wieńcem podłużnych ścian zewnętrznych lub z wieńcem na ściance kolankowej (dachy bezokapowe). Na ścianie szczytowej płyty dachowe mogą być układane równo z jej krawędzią lub być przewieszone poza tą krawędź.
  W przypadku ułożenia płyt równolegle do kalenicy, górna część dachu, powyżej stropu nad pomieszczeniami użytkowymi poddasza, może być wykonana w sposób tradycyjny, jako konstrukcja drewniana.
  Płyty dachowe układane równolegle do kalenicy mogą być opierane na żelbetowych wieńcach wykonanych w deskowaniu z kształtek U lub bezpośrednio na ścianach z bloczków, z zachowaniem oparcia płyt na co najmniej 70 mm i 1/80 długości płyty. Wykonanie wieńców w kształtkach U umożliwia zakotwienie w nich prętów zbrojących spoiny między płytami dachowymi. Okapy w dachach wykonanych z płyt dachowych Ytong, ułożonych równolegle do kalenicy, wykonuje się z zastosowaniem stalowych wsporników zakotwionych w podpierających ścianach poprzecznych.
- Przy prostopadłym do kalenicy ułożeniu płyt dachowych, gdy występują znaczne rozporowe siły poziome, murowane ścianki kolankowe wymagają wzmocnienia słupkami żelbetowymi.

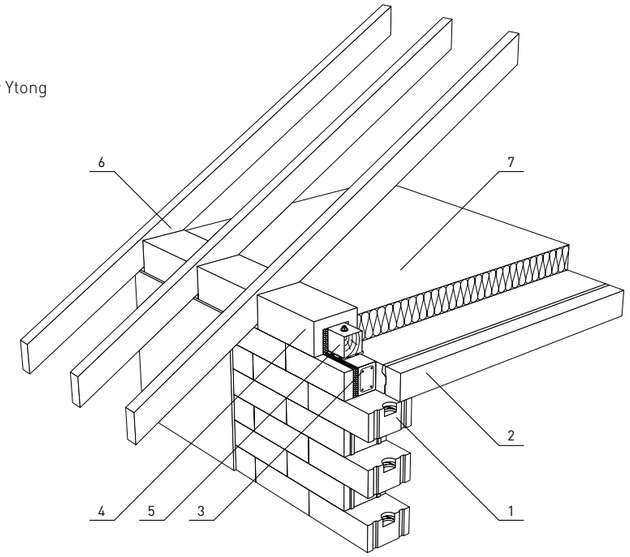
Na płytach dachowych Ytong (na górnej ich powierzchni) układa się izolację paroszczelną oraz prostopadle do kalenicy (zgodnie z kierunkiem spadku dachu) drewniane kontrłaty, które mocuje się do płyt metalowymi łącznikami o rozstawie co 0,5–0,6 m. Pomiędzy kontrłatami układa się izolację termiczną z płyt Multipor (ewentualnie wełny mineralnej) i przybija łaty prostopadle do kierunku spadku dachu. Do łat mocuje się pokrycie dachowe, np. w postaci dachówek ceramicznych lub blachodachówki.
W płytach dachowych Ytong możliwe jest wykonywanie wszelkiego rodzaju otworów o średnicy poniżej 15 cm i wycięć o głębokości mniejszej niż 15 cm, pod warunkiem że pozostaje nie mniej niż 3/4 przekroju całkowitego płyty w miejscu wykonania otworu czy wycięcia oraz zbrojenie podłużne zostanie nienaruszone. Otwory o średnicy powyżej 15 cm i wycięcia o głębokości powyżej 15 cm wykonuje się przy użyciu zespawanej, stalowej ramy H, analogicznie jak przy płytach stropowych.

Ścianki kolankowe na poddaszu

W nowych budynkach mieszkalnych poddasze ma zazwyczaj zaprojektowaną murowaną ściankę kolankową podnoszącą więźbę dachową. Pozwala to wykorzystać na cele użytkowe całą powierzchnię kondygnacji. Ze względu na siły rozporu przenoszone przez więźbę dachową na murłatę, ścianka kolankowa powinna mieć dodatkowy wieniec pod murłatą i żelbetowe słupki stężające go z wieńcem stropu. Wykonana w ten sposób rama żelbetowa skutecznie chroni ściankę kolankową przed przewróceniem.
Ścianki kolankowe poddaszy nieocieplonych należy dzielić dylatacjami co 20 m.
Dodatkowy wieniec pod murłatą i stężające słupki betonowe wykonuje się w deskowaniu traconym z kształtek U, elementów Ytong EDW lub Multipor EDW.

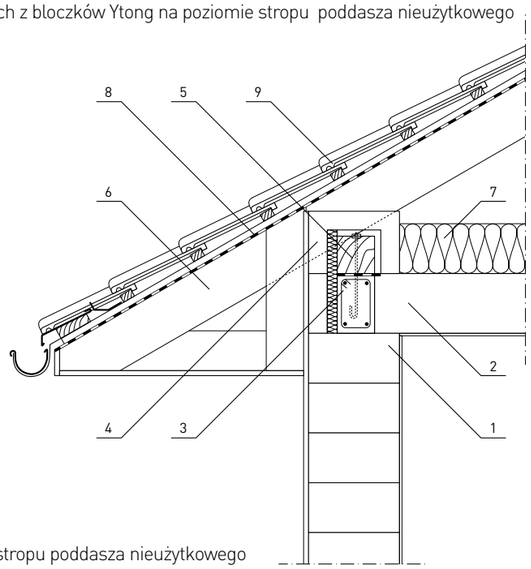
Dachy z płyt dachowych w systemie Ytong ze ścianką kolankową wymagają zastosowania konstrukcji żelbetowej, na którą składają się skośne wieńce na ścianach szczytowych i wewnętrznych ścianach poprzecznych oraz poziomy wieniec ścianki kolankowej z sięgaczami w ścianach poprzecznych, stężony żelbetowymi słupkami z wieńcem stropu. Sięgacze w ścianach poprzecznych powinny mieć długość co najmniej 1,5 m. Konstrukcję wykonuje się w deskowaniu traconym z kształtek U z ociepleniem w ścianach zewnętrznych.
Na poddaszach bez ścianki kolankowej płyty dachowe są zakończone na wieńcu żelbetowym stropu, ocieplonym elementami ocieplenia wieńca Ytong EDW lub Multipor EDW.

1. Ściana zewnętrzna z bloczków Ytong
2. Płyty stropowe Ytong
3. Wieniec stropu z elementem ocieplenia wieńca Ytong
4. Odwrócone kształtki Ytong U nakrywające murłatę między krokwiami
5. Murłata na papie izolacyjnej, kotwiona do wieńca i ocieplona wełną mineralną
6. Krokwie więźby dachowej
7. Izolacja termiczna i akustyczna z miękkiej wełny mineralnej

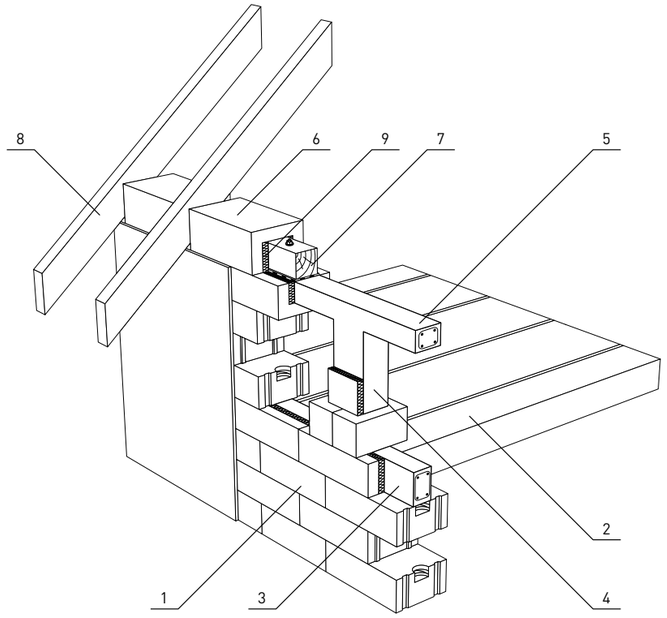


Rys. 3.7.1. Oparcie drewnianej więźby dachowej na ścianach z bloczków Ytong na poziomie stropu poddasza nieużytkowego

1. Ściana zewnętrzna z bloczków Ytong
2. Płyty stropowe Ytong
3. Wieniec stropu z elementem ocieplenia wieńca Ytong
4. Odwrócone kształtki Ytong U nakrywające murłatę pomiędzy krokwiami
5. Murłata na papie izolacyjnej, kotwiona do wieńca i ocieplona wełną mineralną
6. Krokwie więźby dachowej
7. Izolacja termiczna i akustyczna z miękkiej wełny mineralnej
8. Folia wstępnego krycia (wiatroizolacja)
9. Pokrycie dachówkowe na łatach i kontrłatach

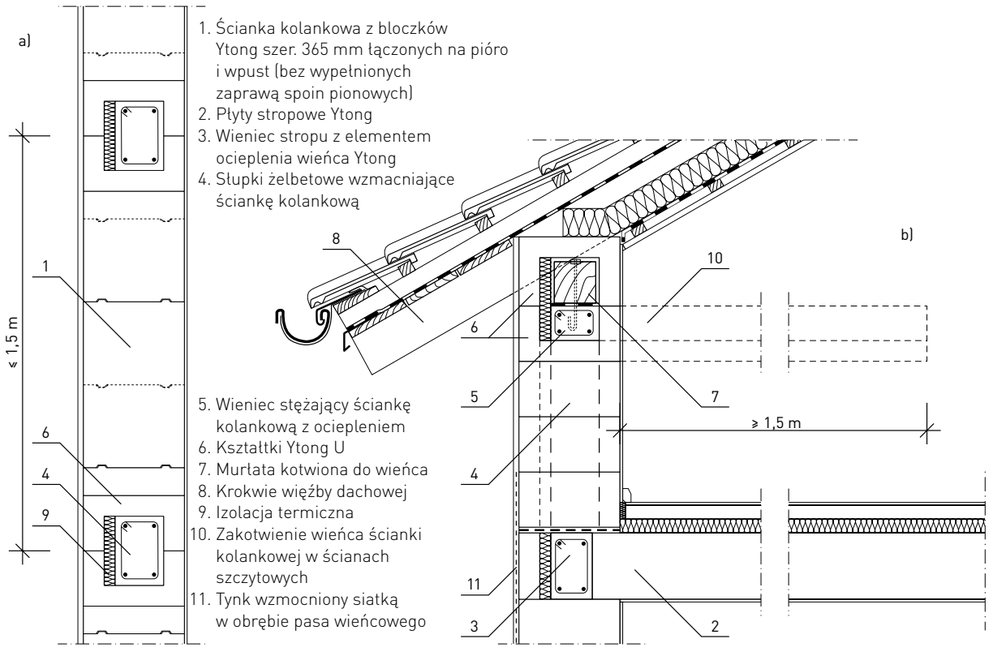


Rys. 3.7.2. Okap dachu z konstrukcją opartą na poziomie stropu poddasza nieużytkowego



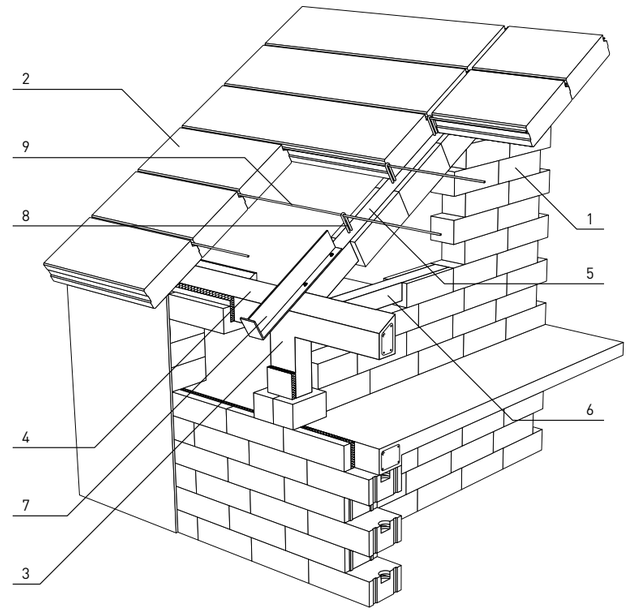
1. Ściana zewnętrzna z bloczków Ytong
2. Płyty stropowe Ytong
3. Wieniec stropu z elementem ocieplenia wieńca Ytong
4. Słupki żelbetowe wykonane z ociepleniem w deskowaniu z kształtek Ytong U
5. Wieniec stężający ściankę kolankową z ociepleniem w kształtkach Ytong U
6. Odwrócone kształtki Ytong U nakrywające murłatę między krokwiami
7. Murłata na papie izolacyjnej, kotwiona do wieńca
8. Krokwie więźby dachowej
9. Izolacja termiczna

Rys. 3.7.3. Oparcie drewnianej więźby dachowej na ściance kolankowej z bloczków Ytong w budynku z poddaszem użytkowym



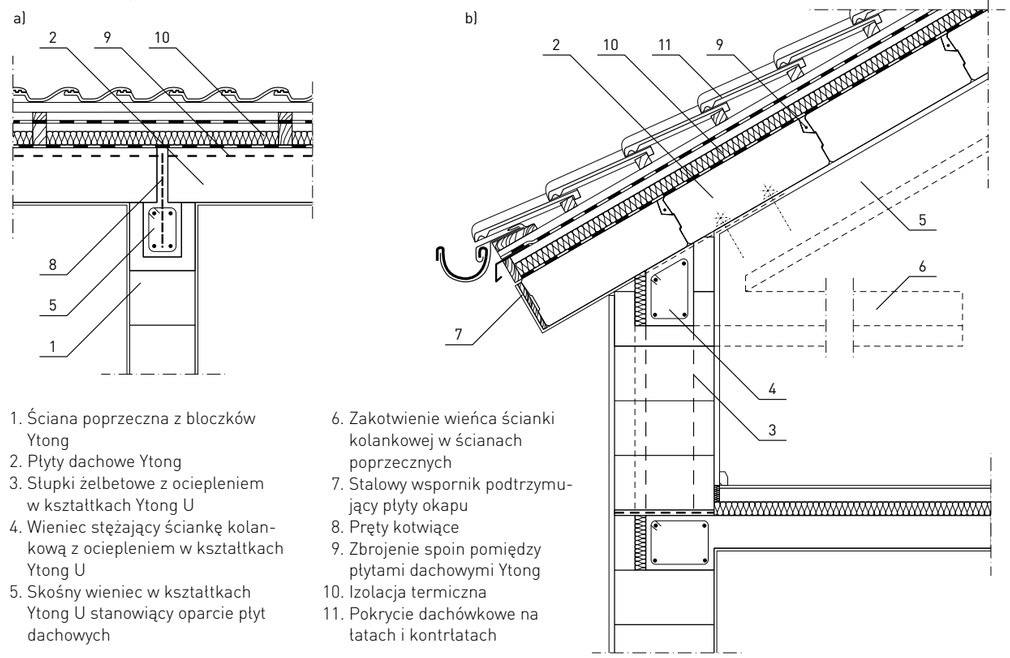
1. Ścianka kolankowa z bloczków Ytong szer. 365 mm łączonych na pióro i wpust (bez wypełnionych zaprawą spoin pionowych)
2. Płyty stropowe Ytong
3. Wieniec stropu z elementem ocieplenia wieńca Ytong
4. Słupki żelbetowe wzmacniające ściankę kolankową
5. Wieniec stężający ściankę kolankową z ociepleniem
6. Kształtki Ytong U
7. Murłata kotwiona do wieńca
8. Krokwie więźby dachowej
9. Izolacja termiczna
10. Zakotwienie wieńca ścianki kolankowej w ścianach szczytowych
11. Tynk wzmocniony siatką w obrębie pasa wieńcowego

Rys. 3.7.4. Okap tradycyjnego dachu opartego na ściance kolankowej z bloczków Ytong wzmocnionej żelbetową konstrukcją wieńca na słupkach połączonych z wieńcem stropowym:
a) rzut fragmentu ścianki kolankowej z rozkładem słupków
b) przekrój poprzeczny fragmentu poddasza



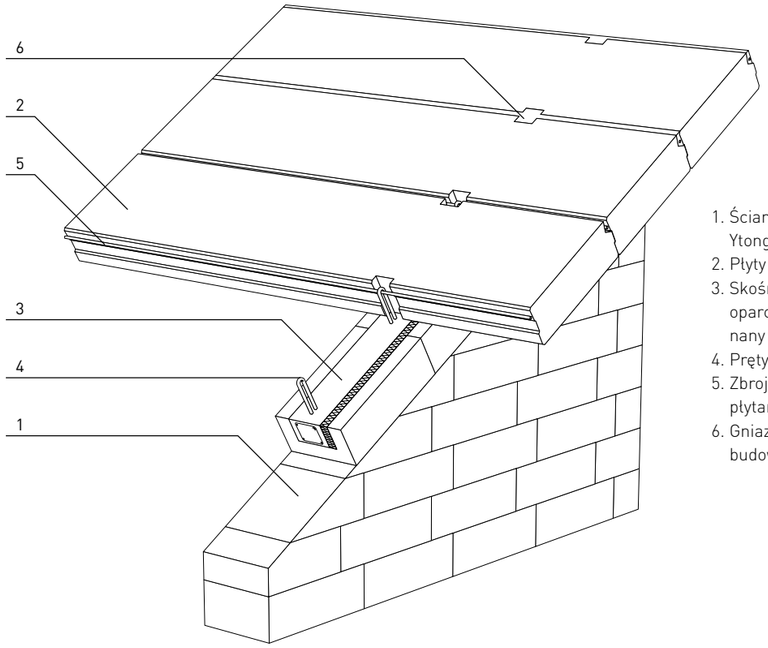
1. Ściana poprzeczna z bloczków Ytong
2. Płyty dachowe Ytong
3. Słupki żelbetowe wykonane z ociepleniem w deskowaniu z kształtek Ytong U
4. Wieniec stężający ściankę kolankową z ociepleniem w kształtkach Ytong U
5. Skośny wieniec w kształtkach Ytong U stanowiący oparcie płyt dachowych
6. Zakotwienie wieńca ścianki kolankowej w ścianach poprzecznych wykonane w kształtkach Ytong U
7. Stalowy wspornik podtrzymujący płyty okapu
8. Pręty kotwiące
9. Zbrojenie spoin pomiędzy płytami dachowymi Ytong

Rys. 3.7.5. Dach z okapem wykonany z płyt Ytong ułożonych równolegle do kalenicy i opartych na ścianach poprzecznych budynku



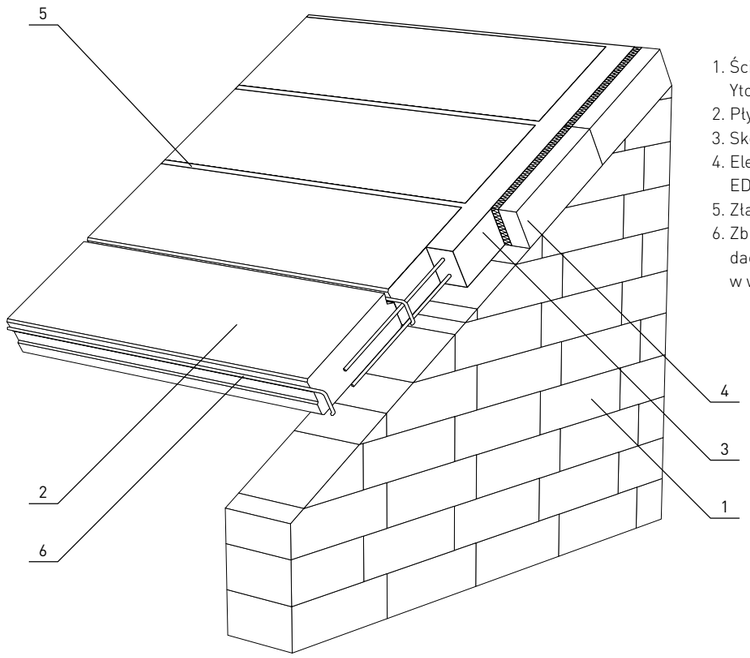
1. Ściana poprzeczna z bloczków Ytong
2. Płyty dachowe Ytong
3. Słupki żelbetowe z ociepleniem w kształtkach Ytong U
4. Wieniec stężający ściankę kolankową z ociepleniem w kształtkach Ytong U
5. Skośny wieniec w kształtkach Ytong U stanowiący oparcie płyt dachowych
6. Zakotwienie wieńca ścianki kolankowej w ścianach poprzecznych
7. Stalowy wspornik podtrzymujący płyty okapu
8. Pręty kotwiące
9. Zbrojenie spoin pomiędzy płytami dachowymi Ytong
10. Izolacja termiczna
11. Pokrycie dachówkowe na łatach i kontrłatach

Rys. 3.7.6. Dach z okapem wykonany z płyt Ytong ułożonych równolegle do kalenicy i opartych na ścianach poprzecznych budynku:
a) przekrój przez ścianę poprzeczną
b) rozwiązanie okapu



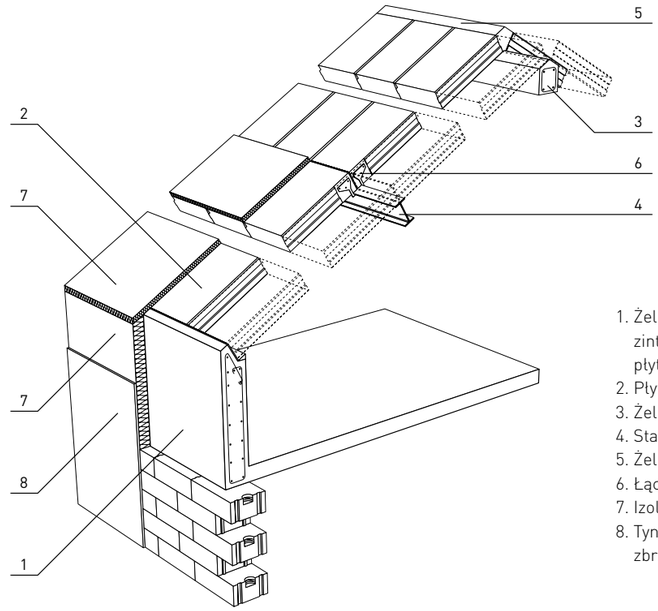
1. Ściana szczytowa z bloczków Ytong
2. Płyty dachowe Ytong
3. Skośny wieniec stanowiący oparcie płyt dachowych wykonany w kształtkach Ytong U
4. Pręty kotwiące Ø 10 mm
5. Zbrojenie spoin pomiędzy płytami dachowymi Ytong
6. Gniazda kotwiące wykone na budowie i wypełnione zaprawą

Rys. 3.7.7. Okap z płyt dachowych przewieszonych nad ścianą szczytową



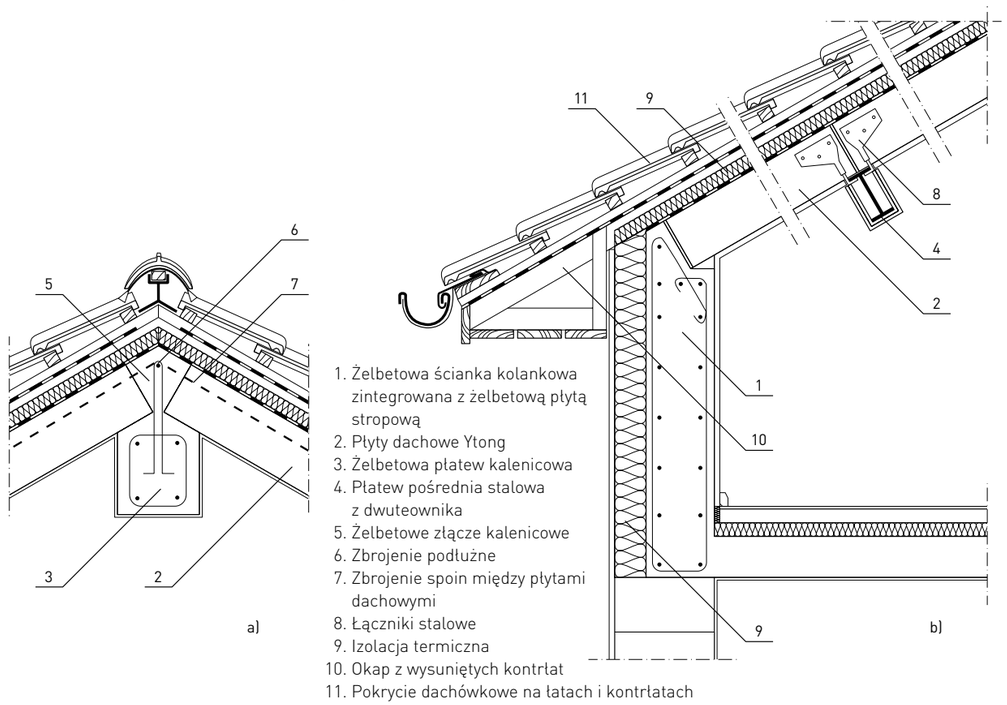
1. Ściana poprzeczna z bloczków Ytong
2. Płyty dachowe Ytong
3. Skośny wieniec żelbetowy
4. Element ocieplenia wieńca Ytong EDW lub Multipor EDW
5. Złącze podłużne płyt
6. Zbrojenie spoiny podłużnej płyt dachowych Ytong kotwione w wieńcu

Rys. 3.7.8. Bezokapowe oparcie płyt dachowych na ścianie szczytowej



1. Żelbetowa ścianka kolankowa zintegrowana z żelbetową płytą stropową
2. Płyty dachowe Ytong
3. Żelbetowa płatew kalenicowa
4. Stalowa płatew pośrednia
5. Żelbetowe złącze kalenicowe
6. Łączniki stalowe
7. Izolacja termiczna
8. Tynk cienkowarstwowy na warstwie zbrojącej

Rys. 3.7.9. Dach z płyt Ytong ułożonych prostopadle do kalenicy, opartych na płatwiach i żelbetowych ściankach kolankowych



1. Żelbetowa ścianka kolankowa zintegrowana z żelbetową płytą stropową
2. Płyty dachowe Ytong
3. Żelbetowa płatew kalenicowa
4. Płatew pośrednia stalowa z dwuteownika
5. Żelbetowe złącze kalenicowe
6. Zbrojenie podłużne
7. Zbrojenie spoin między płytami dachowymi
8. Łączniki stalowe
9. Izolacja termiczna
10. Okap z wysuniętych kontrłat
11. Pokrycie dachówkowe na łatach i kontrłatach

Rys. 3.7.10. Dach z płyt Ytong ułożonych prostopadle do kalenicy:
a) oparcie na żelbetowej płatwi kalenicowej
b) oparcie w gnieździe żelbetowej ścianki kolankowej i na stalowej płatwi pośredniej

4. Zasady obliczeń statycznych

4.1. Zasady ogólne

Konstrukcję budynku należy zaprojektować tak, aby w przewidywanym okresie eksploatacji nie nastąpiło przekroczenie stanów granicznych nośności i użytkowalności. Zasady projektowania konstrukcji murowych zawarte są w PN-EN 1996. Uzupełnienie Eurokodu 6 stanowią normy PN-EN 1990 i PN-EN 1991.

4.2. Parametry wytrzymałościowe muru

Bloczki Ytong należą do grupy 1 oraz kategorii I elementów murowych.
Do kategorii I można zaliczyć elementy murowe dobrej jakości, które zapewniają tolerancję wymiarową oraz odpowiedni poziom i powtarzalność cech wytrzymałościowych i mechanicznych oraz produkowane są seryjnie przez wytwórnie stosujące odpowiednie kontrole jakości. W porównaniu do elementów kategorii II możliwe jest stosowanie niższych współczynników bezpieczeństwa, co oznacza o 29% większą wytrzymałość obliczeniową muru przy tej samej wytrzymałości charakterystycznej.

Wszystkie produkty Ytong, z uwagi na brak drążeń, zalicza się do elementów grupy 1. Szczegółowe wymagania dla grup określone są w tablicy 3.1. PN-EN 1996-1-1.

4.2.1. Wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie

Wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie wykonanego na zaprawie do cienkich spoin Ytong-Silka, zgodnie z normą PN-EN 1996-1-1, można wyznaczyć z zależności:

$$f_k = \kappa f_b^{0,85}$$

f_b – znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego,
f_k – charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie,
K – współczynnik zależny od grupy elementu murowego i rodzaju zaprawy murarskiej, dobrany za pomocą tablicy (NA.5 z PN-EN 1996-1-1).

Wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie, wykonanego na zaprawie zwykłej (ściany piwniczne i fundamentowe z bloczków Ytong GT) wyznaczać można z zależności:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,70} \cdot f_m^{0,30}$$

f_m – wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie

Tabela 4.1. Wartości współczynnika K w zależności od zastosowanej zaprawy

Rodzaj zaprawy murarskiej	
Zwykła	Do cienkich spoin
0,45	0,75

Tabela 4.2. Wytrzymałość na ściskanie muru z bloczków Ytong przy zastosowaniu zaprawy do cienkich spoin Ytong-Silka

Bloki	Wytrzymałość znormalizowana f_b [N/mm²]	Wytrzymałość charakterystyczna f_k [N/mm²]	Wytrzymałość obliczeniowa f_d [N/mm²]	
			Klasa A	Klasa B
PP2/0,3 Energo+	2,0	1,08	0,64	0,54
PP2/0,35 Energo	2,0	1,08	0,64	0,54
PP2,5/0,4 Forte	2,5	1,63	0,96	0,82
PP3/0,5	3,0	1,91	1,12	0,95
PP4/0,5; PP4/0,6	4,0	2,44	1,43	1,22
PP5/0,6; PP5/0,7	5,0	2,95	1,73	1,47

Dla elementów o znormalizowanej wytrzymałości na ściskanie ⩽ 2,4 N/mm² (Ytong Energo i Ytong Energo+) murowanych na zaprawie do cienkich spoin wytrzymałość muru na ściskanie można wyznaczyć ze wzoru:

$$f_k = 0,8 \cdot K \cdot f_b^{0,85}$$

Wytrzymałość obliczeniową muru na ściskanie wyznacza się z zależności:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

gdzie
f_d – obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie,
f_k – charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie,
γ_m – współczynnik bezpieczeństwa wyznaczony wg tablicy NA.1 z PN-EN 1996-1-1.

Dla wyjątkowych sytuacji obliczeniowych, niezależnie od kategorii elementów murowych i kategorii wykonania robót, można przyjąć współczynnik bezpieczeństwa:
- dla muru – γ_M = 1,3,
- dla zakotwień stali zbrojeniowej – γ_M = 1,15,
- dla stali zbrojeniowej – γ_M = 1,0.

Zaprawę do cienkich spoin Ytong-Silka należy traktować jako zaprawę projektowaną.

Klasę wykonania robót ustala się na podstawie sposobu i jakości prowadzonych prac.
- Klasa A wykonania robót – gdy roboty murarskie wykonuje należycie wyszkolony zespół pod nadzorem mistrza murarskiego, stosuje się zaprawy produkowane fabrycznie, a jeżeli zaprawy wytwarzane są na budowie, kontroluje się dozowanie składników, a także wytrzymałość zaprawy. Jakość robót kontroluje inspektor nadzoru inwestorskiego,
- Klasa B wykonania robót – gdy warunki określające klasę A nie są spełnione; w takim przypadku nadzór nad jakością robót może wykonywać osoba odpowiednio wykwalifikowana, upoważniona przez wykonawcę.

Obliczanie nośności filarków
Według załącznika krajowego do PN-EN 1996-1-1, gdy pole przekroju poprzecznego ściany jest mniejsze niż 0,3 m², wytrzymałość obliczeniową muru na ściskanie f_d należy podzielić przez współczynnik γ_{Rd}.

Tabela 4.3. Wartości współczynnika bezpieczeństwa γ_M wg tablicy NA.1 z PN-EN 1996-1-1

Materiał			γ_M	
			Klasa	
			A	B
A	Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa projektowana[a]	Ściany grubości t > 150 mm[d]	1,7	2,0
B	Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa przepisana[b]		2,0	2,2
C	Mury wykonane z elementów murowych kategorii II, dowolna zaprawa[a, b, c]		2,2	2,5

[a] Wymagania dotyczące zaprawy projektowanej podano w PN-EN 998-2 i PN-EN 1996-2
[b] Wymagania dotyczące zaprawy przepisanej podano w PN-EN 998-2 i PN-EN 1996-2
[c] Gdy współczynnik zmienności dla kategorii II elementów murowych jest nie większy niż 25%
[d] Dla ścian grubości 150 mm ⩾ t ⩾ 100 mm:
– wykonanych z elementów murowych kategorii I i zaprawy projektowanej, pod nadzorem odpowiadającym klasie A wykonania robót – γ_M = 2,5,
– w pozostałych przypadkach – γ_M = 2,7.

Tabela 4.4. Wartość współczynnika bezpieczeństwa przy obliczaniu filarków

Pole przekroju poprzecznego muru (m²)	⩽ 0,05–0,09	0,12	0,20	⩾ 0,30
η_A	2,00	1,43	1,25	1,00
UWAGA: Dla wartości pośrednich pola przekroju muru, wartości η_A można interpolować liniowo.				

4.2.2. Wytrzymałość muru na ścinanie

W przypadku bloków murowanych na pióro-wpust charakterystyczną wytrzymałość muru na ścinanie wyznacza się ze wzoru:

$$f_{vk} = \min\begin{cases} 0,5 f_{vko} + 0,4\sigma_d \\ 0,045 f_b, \text{ lecz nie mniej niż } f_{vko} \\ 0,7 \cdot f_{vk,max} \end{cases}$$

W elementach murowanych z wypełnieniem spoin pionowych (bloczki w ścianach fundamentowych i piwnicznych - Ytong PP4/0,6 GT grub. 36,5 cm oraz PP5/0,7 GT grub. 24 cm) charakterystyczną wytrzymałość muru na ścinanie wyznacza się ze wzoru:

$$f_{vk} = \min\begin{cases} f_{vko} + 0,4\sigma_d \\ 0,065 f_b, \text{ lecz nie mniej niż } f_{vko} \\ f_{vk,min} \end{cases}$$

f_{vko} – wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych, gdy naprężenie ściskające równe jest zero (σ_d = 0); podana w tabeli 4.5.,

σ_d – wartość średnia obliczeniowych naprężeń ściskających w przekroju w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ścinania w rozważanym elemencie konstrukcji, wyznaczona dla odpowiedniej kombinacji oddziaływań,

f_b – znormalizowana wytrzymałość elementów murowych na ściskanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych,

$f_{vk,\,min}$ – minimalna wartość wytrzymałości zgodnie z tabelą 4.7.

Wytrzymałość obliczeniową na ścinanie wyznacza się analogicznie do wytrzymałości obliczeniowej na ściskanie:

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_m}$$

4.2.3. Wytrzymałość muru na rozciąganie

Wytrzymałość charakterystyczną muru na rozciąganie przy zginaniu f_{xk1} i f_{xk2} należy przyjmować wg tabel NA.8 i NA.9 z PN-EN 1996-1-1.

f_{xk1} – wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych,

f_{xk2} – wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych.

Tabela 4.5. Wytrzymałość charakterystyczna muru z bloczków Ytong na ścinanie f_{vko}

Zaprawa zwykła (M2,5; M5; M10)	Zaprawa do cienkich spoin
0,15	0,25

Tabela 4.6. Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie muru z bloczków Ytong w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych f_{xk1} [N/mm²]

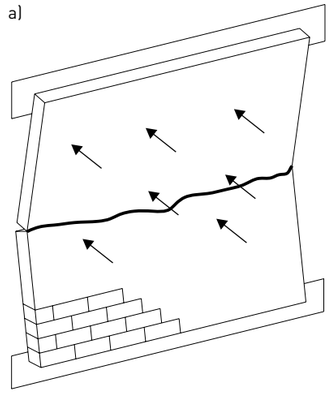
Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
f_m < 5 MPa	f_m ≥ 5 MPa		
0,05	0,10	$0,035 f_b$	0,10

Tabela 4.7. Wytrzymałość charakterystyczna na rozciąganie muru z bloczków Ytong w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych f_{xk2} [N/mm²]

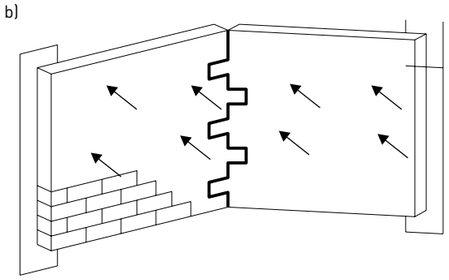
Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
f_m < 5 MPa	f_m ≥ 5 MPa		
0,20	0,40	$0,035 f_b$	0,15

Uwaga: w przypadku murów ze spoinami pionowymi niewypełnionymi zaprawą $f_{xk2} = 0,025 f_b$.

a)



b)



Rysunek 4.2.1. Schemat zniszczenia muru w płaszczyźnie
a) równoległej do spoin wspornych
b) prostopadłej do spoin wspornych

4.2.4. Ściana poddana obciążeniu skupionemu

Przyłożone do ściany obliczeniowe obciążenie skupione N_{Edc} nie powinno być większe od nośności obliczeniowej ściany pod obciążeniem skupionym N_{Rdc}. Nośność ścian z elementów Ytong oblicza się wg wzoru:

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d$$

gdzie

$$\beta = \min\begin{cases} \left(1 + 0,3\frac{a_1}{h_c}\right)\left(1,5 - 1,1\frac{A_b}{A_{ef}}\right) \\ 1,25 + \frac{a_1}{2h_c} \\ 1,5 \end{cases}$$

oraz $\beta \geq 0$;

β – współczynnik zwiększający nośność na obciążenie skupione,

a_1 – odległość końca ściany od krawędzi skrajnego obszaru obciążenia,

h_c – wysokość ściany od poziomu obciążenia,

A_b – obciążana powierzchnia,

A_{ef} – powierzchnia efektywna rozdziału, tj. $l_{efm} \cdot t$.

Według PN-EN 1996-1-1 w strefie oddziaływania obciążeń skupionych (rys. 4.2.2.) nie można stosować innych elementów niż grupy I.

4.2.5. Odkształcalność muru

Zależność naprężenie – odkształcenie można przyjąć jako funkcję paraboliczno-prostokątną. Dla obliczenia nośności przekroju zginanego i mimośrodowo ściskanego dopuszcza się przyjmowanie zależności prostokątnej.

Doraźny sieczny moduł sprężystości muru:
Wg normy PN-EN 1996-1-1 dla murów z autoklawizowanego betonu komórkowego, niezależnie od rodzaju zaprawy, wartość siecznego modułu sprężystości wyznacza się ze wzoru:

$$E = 600 f_k$$

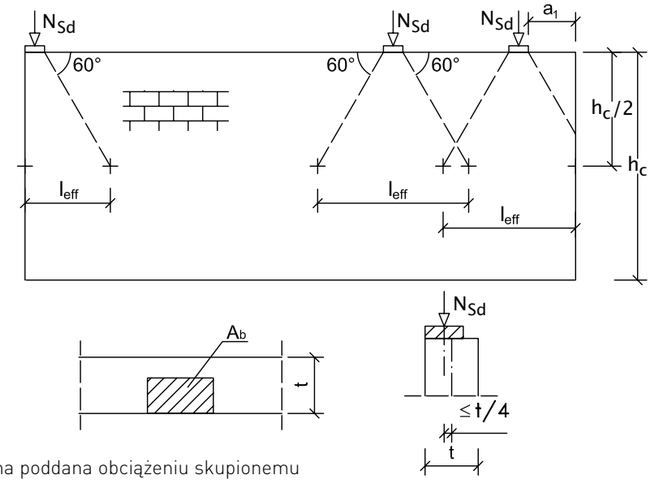
Tabela 4.8. Doraźny sieczny moduł sprężystości

Klasa bloków	Doraźny sieczny moduł sprężystości
PP2/0,3 Energo+	649 MPa
PP2/0,35 Energo	649 MPa
PP2,5/0,4 Forte	981 MPa
PP3/0,5	1145 MPa
PP4/0,5	1462 MPa
PP4/0,6	
PP5/0,6	1767 MPa
PP5/0,7	

Długotrwały moduł sprężystości muru:
Wg normy PN-EN 1996-1-1 za wartość długotrwałego modułu sprężystości przyjmować należy wartość doraźnego siecznego modułu sprężystości zredukowaną z uwagi na efekt pełzania:

$$E_{longterm} = \frac{E}{1 + \phi_\infty}$$

ϕ_∞ – końcowy współczynnik pełzania. Dla autoklawizowanego betonu komórkowego należy przyjąć wartość z przedziału 0,5–1,5.

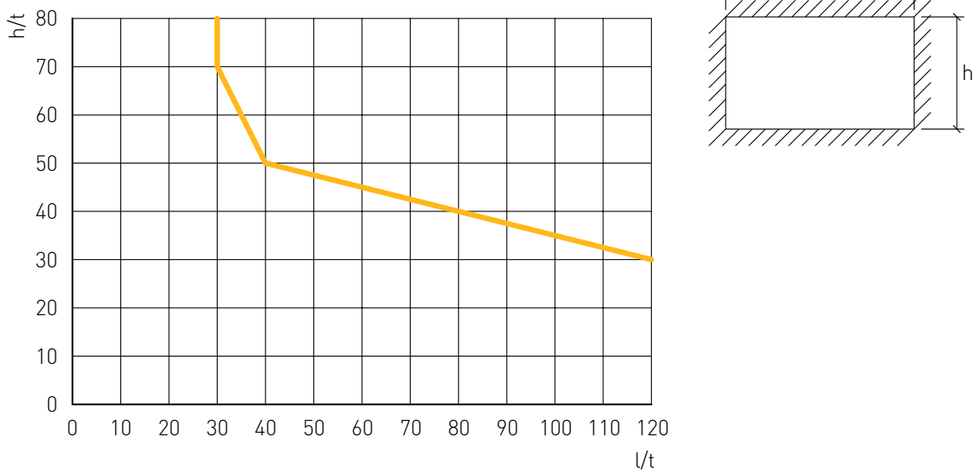


Rys. 4.2.2. Ściana poddana obciążeniu skupionemu

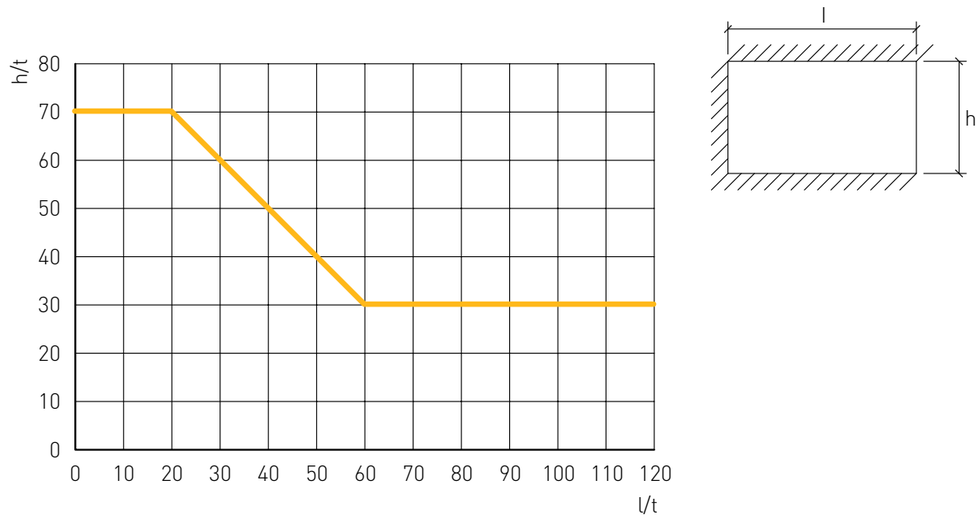
4.2.6. Maksymalna wysokość ścian

Poza spełnieniem stanu granicznego nośności, wymiary ścian nie powinny przekraczać tych, które wynikają z wykresów 4.1., 4.2. oraz 4.3. Wymiary należy odczytać dla odpowiednich warunków utwierdzenia ściany, gdzie:
h – wysokość ściany w świetle,
l – długość ściany,
t – grubość ściany.

W przypadku gdy wymiary ściany przekraczają te, które wynikają z wykresu, należy w niej zastosować dodatkową konstrukcję usztywniającą, wieńce pośrednie lub (i) trzpienie. Wieniec pośredni powinien być zazbrojony za pomocą przynajmniej 4 prętów o średnicy 6 mm.



Wykres 4.1. Maksymalne wymiary ściany zamocowanej na czterech krawędziach



Wykres 4.2. Maksymalne wymiary ściany zamocowanej na trzech krawędziach: dolnej, górnej i bocznej

Wykres 4.3. Maksymalne wymiary ściany zamocowanej na trzech krawędziach: dolnej i dwóch krawędziach bocznych

4.2.7. Wymiarowanie ścian obciążonych głównie pionowo

Według normy PN-EN 1996 jedynym modelem obliczeniowym jest model ramowy – odpowiednik modelu ciągłego, dopuszczalnego w normie PN-B-03002. Metoda ta uwzględnia nośność ścian obciążonych głównie pionowo, ale uwzględnia także momenty zginające powstałe od sił poziomych (np. wiatru) oraz od mimośrodowego działania sił pionowych.
Sprawdzenia nośności ściany należy dokonać w przekrojach na górnej krawędzi ściany, na dolnej krawędzi ściany oraz w środku wysokości ściany.

W stanie granicznym nośności, obliczeniowe siły pionowe działające na ścianę murową N_{Ed} nie powinny być większe od nośności obliczeniowej na obciążenia pionowe ściany N_{Rd}:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

Obliczeniową nośność ściany wyznacza się ze wzoru:

$$N_{Rd} = \Phi t f_d$$

gdzie:

Φ – współczynnik redukcyjny nośności, odpowiednio, Φ_i u góry i u dołu ściany lub Φ_m w środku ściany, uwzględniający wpływ smukłości i mimośród obciążenia,

t – grubość ściany,

f_d – wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie.

Dolne i górne krawędzie ścian

W przypadku dolnych i górnych krawędzi ścian wartość współczynnika redukcyjnego nośności wyznacza się ze wzoru:

$$\Phi_i = 1 - 2\frac{e_i}{t}$$

gdzie:

e_i – mimośród odpowiednio u góry i u dołu ściany, wyznaczany ze wzoru:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0{,}05 \cdot t$$

M_{id} – moment zginający wywołany działaniem obciążeń obliczeniowych, u góry i u dołu ściany, będący wynikiem przekazywania reakcji na podporę ze stropu, na mimośrodzie wyznaczonym zgodnie z rysunkiem 5.1.,

N_{id} – siła pionowa wywołana działaniem obciążeń obliczeniowych, u góry i u dołu ściany,

e_{he} – mimośród u góry i u dołu ściany, będący wynikiem działania sił poziomych (np. wiatru), jeżeli występują,

e_{init} – mimośród początkowy ze znakiem zwiększającym bezwzględną wartość e_i; powstały w skutek niedokładności wykonawczych, należy uwzględnić go na całej wysokości ściany.

Można przyjąć wartość $e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$, gdzie h_{ef} jest wysokością efektywną wymiarowanej ściany.

Środek ścian

W uproszczony sposób można obliczyć współczynnik redukcyjny dla środka ściany Φ_m ze wzorów:

$$\Phi_m = A_1 e^{-\frac{u^2}{2}}$$

gdzie

$$A_1 = 1 - 2\frac{e_{mk}}{t}$$

$$u = \frac{\frac{h_{eff}}{t_{eff}} - 1{,}67}{19{,}3 - 31 \cdot \frac{e_{mk}}{t}}$$

e_{mk} – mimośród w połowie wysokości ściany określony wzorem:

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0{,}05 \cdot t$$

e_m – mimośród działania obciążenia obliczany według wzoru:

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init}$$

M_{md} – moment zginający wywołany działaniem obciążeń obliczeniowych w środkowej części ściany, będący wynikiem działania momentów u góry i u dołu ściany z uwzględnieniem każdego obciążenia przyłożonego do powierzchni licowej ściany (np. wspornik),

N_{md} – siła pionowa wywołana działaniem obciążeń obliczeniowych w połowie wysokości ściany, z uwzględnieniem każdego obciążenia przyłożonego do powierzchni licowej ściany (np. wspornik),

e_{hm} – mimośród w połowie wysokości ściany, będący wynikiem obciążeń poziomych (np. wiatru); wpływ zależy od kombinacji obciążeń, stąd należy brać pod uwagę iloraz $\frac{M_{md}}{N_{md}}$,

e_{init} – jak we wzorze do wyznaczenia e_i,

e_k – mimośród wywołany pełzaniem określany wzorem:

$$e_k = 0{,}002\,\phi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m}$$

h_{ef} – wysokość efektywna przekroju obliczana zgodnie ze wzorem:

$$h_{ef} = \rho_n h$$

ϕ_∞ – końcowy współczynnik pełzania wynoszący 1,0–2,0,

ρ_n – współczynnik redukcji, gdzie n = 2, 3 lub 4 w zależności od utwierdzenia krawędzi lub usztywnienia ściany.

Dla ścian utwierdzonych na górnej i dolnej krawędzi przez stropy żelbetowe lub dachy rozpięte dwukierunkowo, lub przez stropy żelbetowe rozpięte jednokierunkowo oparte na co najmniej 2/3 grubości ściany:
$\rho_2 = 0{,}75$
chyba że mimośród obciążenia na górnej krawędzi ściany jest większy niż 0,25 grubości ściany, wtedy:
$\rho_2 = 1{,}0$
Dla ścian utwierdzonych na górnej i dolnej krawędzi przez stropy lub dachy drewniane rozpięte dwukierunkowo lub przez stropy drewniane rozpięte jednokierunkowo oparte na co najmniej 2/3 grubości ściany i nie mniej niż 85 mm:
$\rho_2 = 1{,}0$
Dla ścian utwierdzonych na górnej i dolnej krawędzi i usztywnionych na jednej pionowej krawędzi (z jedną krawędzią swobodną):
gdy $h \leq 3{,}5l$,

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 h}{3l}\right]^2} \rho_2$$

lub
gdy $h > 3{,}5l$,

$$\rho_3 = \frac{1{,}5l}{h} \geq 0{,}3$$

gdzie:

l – długość ściany,

h – wysokość kondygnacji w świetle,

$$t_{ef} = \rho_t t$$

ρ_t – współczynnik sztywności dotyczący ścian usztywnionych pilastrami, gdzie n = 2, 3 lub 4 w zależności od utwierdzenia krawędzi lub usztywnienia ściany.

Wyznaczanie momentów M_{id} i M_{ig}:

$$M_1 = \frac{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2} + \frac{n_3 E_3 I_3}{l_3} + \frac{n_4 E_4 I_4}{l_4}} \left[\frac{w_3 l_3^2}{4(n_3 - 1)} - \frac{w_4 l_4^2}{4(n_4 - 1)}\right]$$

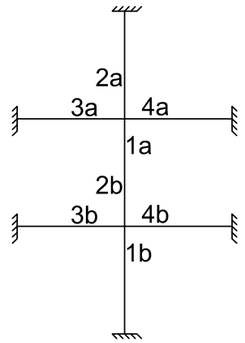
$$M_2 = \frac{\frac{n_2 E_2 I_2}{h_2}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2} + \frac{n_3 E_3 I_3}{l_3} + \frac{n_4 E_4 I_4}{l_4}} \left[\frac{w_3 l_3^2}{4(n_3 - 1)} - \frac{w_4 l_4^2}{4(n_4 - 1)}\right]$$

n_i – współczynnik sztywności prętów równy 4 w odniesieniu do prętów utwierdzonych na obu końcach, w przeciwnym razie równy 3,

h_i – wysokość stropu w świetle,

l_i – długość ściany w świetle,

w_i – obciążenie równomierne rozłożone na pręcie – obliczone z uwzględnieniem częściowych współczynników bezpieczeństwa wywołujących efekt niekorzystny (PN-EN 1990).



Rys. 4.2.3. Schemat do wyznaczania momentów

Tabela 4.9. Wartości współczynnika ρ_t

Stosunek osiowego rozstawu pilastrów do ich szerokości	Stosunek wysokości pilastra do grubości ściany, z którą jest połączony		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

Przy wyznaczaniu współczynnika dopuszcza się interpolację wartości.

Obciążenia obliczeniowe

Wartości obliczeniowe uzyskuje się przez przemnożenie obciążeń charakterystycznych przez współczynniki bezpieczeństwa. Przy wyznaczaniu obliczeniowego oddziaływania należy zastosować kombinacje obciążeń według pkt. 6.4.3.2. z PN-EN 1990.

Wartości obliczeniowe sił przekazywanych na konstrukcję murową wyniosą:

$$N_{Ed} = \max\begin{Bmatrix}(6.10a)\Rightarrow \sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1}\cdot\psi_{0,1}\cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot N_{Qk,u,i} \\ (6.10b)\Rightarrow \sum_{j\geq 1}\xi\cdot\gamma_{G,j}\cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1}\cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot N_{Qk,u,i}\end{Bmatrix}$$

gdzie:

N_{Ed} – obliczeniowa siła pionowa działająca na ścianę murową,

$N_{Gk,u}$ – charakterystyczna stała siła pionowa z wyższych kondygnacji,

N_{Gk} – charakterystyczna stała siła pionowa od ciężaru rozpatrywanej ściany,

$N_{Qk,u,1}$ – charakterystyczna zmienna wiodąca lub główna siła pionowa z wyższych kondygnacji,

$N_{Qk,u,i}$ – charakterystyczna zmienna siła pionowa *i* z wyższych kondygnacji,

$\gamma_{G,j}$ – współczynnik częściowy dla oddziaływania stałego *j* wynoszący 1,35,

$\gamma_{Q,1}$ – współczynnik częściowy dla wiodącego lub głównego oddziaływania zmiennego,

$\gamma_{Q,i}$ – współczynnik częściowy dla oddziaływania zmiennego i wynoszący 1,5,

ξ – współczynnik redukcyjny wynoszący 0,85, tak aby $\xi \cdot \gamma_{G,j} = 1{,}15$,

$\Psi_{0,1}$, $\Psi_{0,i}$ – wartości kombinacyjne obciążenia zmiennego odpowiednio: wiodącego lub głównego oraz obciążenia zmiennego *i*.

Wartość współczynników $\Psi_{0,i}$ należy określić na podstawie kategorii budynku, według tabeli 5.3.

Tabela 4.10. Zalecane wartości współczynników Ψ_0

Oddziaływanie	Ψ_0
Kategoria A: powierzchnie mieszkalne	0,7
Kategoria B: powierzchnie biurowe	0,7
Kategoria C: miejsca zebrań	0,7
Kategoria D: powierzchnie handlowe	0,7
Kategoria E: powierzchnie magazynowe	1,0
Kategoria F: powierzchnie ruchu pojazdów ⩽ 30 kN	0,7
Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu ⩽ 160 kN	0,7
Kategoria H: dachy	0,0
Obciążenie budynków śniegiem	0,5
Obciążenie wiatrem	0,6
Temperatura w budynku	0,6

5. Fizyka budowli

5.1. Izolacyjność termiczna

Wymagane wartości izolacyjności termicznej ścian, stropów oraz dachów określone są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Planowane zmiany wartości maksymalnych współczynnika ciepła podano w tabeli 5.1. Wysoka izolacyjność ścian z bloczków Ytong umożliwia wykonywanie murów bez dodatkowego ocieplenia. Mogą do tego służyć bloczki Ytong Energo o grub. 36,5; 40 i 48 cm i Ytong Energo+ o grub. 36,5 lub 48 cm. Przy ścianach z cięższych odmian wymagane jest dodatkowe ocieplenie. W przypadku ścian z ociepleniem, z uwagi na paroprzepuszczalność, zalecanym materiałem izolacyjnym są mineralne płyty izolacyjne Multipor. Przykład obliczeń współczynnika przenikania ciepła dla ścian z ociepleniem przedstawiony jest w tabeli 5.2.

Mostki termiczne

Mostki termiczne, czyli miejsca słabe termicznie, wystąpić mogą w każdym budynku, nawet tam, gdzie ściany są dobrze zaizolowane i charakteryzują się niskim współczynnikiem przenikania ciepła. Na wewnętrznej powierzchni ściany, w miejscu słabym termicznie, temperatura jest zwykle o kilka stopni niższa niż w miejscach poprawnie zaizolowanych. Wychłodzenie fragmentów ściany i sufitu może powodować wykraplanie się pary wodnej i w konsekwencji trwałe zawilgocenie przegrody.
Im bardziej skomplikowana jest bryła budynku, tym większa jest możliwość występowania mostków termicznych i tym trudniejsze poprawne wykonanie izolacji. Pozostawienie w budynku miejsc gorzej ocieplonych niweczy sens ocieplenia ścian, stropów i dachów.

Mostki termiczne występują zwykle tam, gdzie istnieje przerwa w ciągłości materiału przegród lub warstwy izolacji, np.:

- połączenia i styki ścian wewnętrznych z zewnętrznymi, narożniki ścian,
- wieńce stropowe, słupy betonowe w ścianie zewnętrznej,
- połączenia ścian z dachem lub stropodachem,
- miejsca osadzenia okien i drzwi, nadproża,
- pierwsza warstwa muru o słabej izolacyjności,
- połączenie stropu z balkonem.

W ofercie Ytong istnieje wiele rozwiązań, które ograniczają wpływ mostków termicznych. Mostki termiczne nie występują, gdy nie ma wtrąceń innych materiałów o gorszej izolacyjności. Dzięki temu przy wyborze systemowych stropów, nadproży, zapraw i elementów docieplenia wieńca mostki termiczne są ograniczone do minimum.

Tabela 5.1. Wymagana izolacyjność termiczna przegród budynków nowo projektowanych[1)]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c.max}$ [W/(m²K)]		
	od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.[1)]
Ściany zewnętrzne			
a) $t_i \geq 16°C$	0,25	0,23	0,20
b) $8°C \leq t_i < 16°C$	0,45	0,45	0,45
c) $t_i < 8°C$	0,90	0,90	0,90
Ściany wewnętrzne			
a) przy $\Delta t_i \geq 8°C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy,	1,00		
b) przy $\Delta t_i < 8°C$	bez wymagań		
c) oddzielające pom. ogrzewane od nieogrzewanego	0,30		
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami			
a) $t_i \geq 16°C$	1,00		
b) $8°C \leq t_i < 16°C$	0,70		
c) $t_i < 8°C$	bez wymagań		
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi			
a) $t_i \geq 16°C$	0,20	0,18	0,15
b) $8°C \leq t_i < 16°C$	0,30		
c) $t_i < 8°C$	0,70		
Stropy nad ogrzewanymi kondygnacjami podziemnymi i międzykondygnacyjne:			
a) $t_i \geq 8°C$	1,00		
b) $t_i < 8°C$	bez wymagań		
c) oddzielające pom. ogrzewane od nieogrzewanego	0,25		

Izolacyjność termiczną ścian należy określać wg PN-EN ISO 6946:2004.

[1)] Termin wejścia w życie rozporządzenia dotyczy budynków niezajmowanych przez władze publiczne. Obiekty podlegające władzy publicznej muszą spełnić wymagania od stycznia 2013 r. Podane daty odnoszą się do dat wydania pozwolenia na budowę.

Tabela 5.2. Przykład obliczenia współczynnika przenikania ciepła *U* dla ściany z ociepleniem [W/(m²K)]

Warstwa	Grubość warstwy *d* [m]	Wsp. przenikania ciepła *λ* [W/(mK)]	Opór cieplny $R = d/\lambda$ [(m²K)/W]
R_{si}	-	-	0,13
Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,82	0,01
Ytong Forte grub. 24 cm	0,24	0,11	2,18
Zaprawa lekka Multipor	0,005	0,2	0,03
Multipor 16 cm	0,16	0,043	3,72
Zaprawa lekka Multipor	0,005	0,2	0,03
Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,82	0,01
R_{se}	-	-	0,04
		Σ R	**6,15**
		U*=1/*R	**0,16**

Tabela 5.3. Izolacyjność termiczna ścian z bloczków Ytong

Odmiana	Współczynnik *λ* [W/(mK)]	Współczynnik przenikania ciepła *U* [W/(m²K)] i opór cieplny *R* [m²K/W] dla grubości ścian w mm											
		50	75	100	115	150	175	200	240	300	365	400	480
Energo+ PP2/0,3	0,0855	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	0,17
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,44	-	5,78
Energo PP2/0,35	0,095	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,30	0,25	0,23	0,19
		-	-	-	-	-	-	-	2,70	3,33	4,01	4,38	5,22
Forte PP2,5/0,4	0,110	1,61	-	-	-	-	-	-	0,43	0,35	0,29	-	-
		0,62	-	-	-	-	-	-	2,35	2,89	3,49	-	-
PP3/0,5 PP4/0,5	0,140	-	-	-	1,00	0,81	0,71	0,63	0,54	0,44	0,36	0,33	-
		-	-	-	0,89	1,24	1,42	1,60	1,88	2,31	2,78	3,03	-
PP4/0,6 PP5/0,6	0,160	2,08	1,57	1,26	1,13	0,91	0,80	0,71	0,60	0,49	0,41	0,38	-
		0,48	0,64	0,80	0,89	1,11	1,26	1,42	1,67	2,05	2,45	2,67	-
PP5/0,7	0,200	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	1,37	-	-	-	-

Tabela 5.4. Izolacyjność termiczna ścian z bloczków Ytong po ociepleniu płytami Multipor

Warstwa murowa ściany		Współczynnik przenikania ciepła (bez ocieplenia) *U* [W/(m²K)]	Grubość warstwy Multipor [cm]								
			5	6	8	10	12	14	16	18	20
			Współczynnik przenikania ciepła ścian z ociepleniem, *U* [W/(m²K)]								
Ytong Energo+ PP2/0,3	36,5 cm	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
	48,0 cm	0,17	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10
Ytong Energo PP2/0,35	24,0 cm	0,37	-	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
	30,0 cm	0,30	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
	36,5 cm	0,25	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12
	40,0 cm	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
	48,0 cm	0,19	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10
Ytong Forte PP2,5/0,4	24,0 cm	0,43	-	-	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
	30,0 cm	0,35	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
	36,5 cm	0,29	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
Ytong PP3/0,5 Ytong PP4/0,5	24,0 cm	0,53	-	-	-	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15
Ytong PP4/0,6 Ytong PP5/0,6	24,0 cm	0,60	-	-	-	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
Ytong PP5/0,7	24,0 cm	0,73	-	-	-	-	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17

5.2. Klasyfikacja ogniowa

Zabezpieczenia przeciwpożarowe budynków należą do najistotniejszych przedsięwzięć związanych z bezpieczeństwem użytkowników oraz ochroną obiektów budowlanych i ich zawartości.

Typowy przebieg pożaru z udziałem jednostek straży pożarnej wygląda następująco:

- początek pożaru: **6 min,**
- rozpoznanie: **1–3 min,**
- alarm,
- przybycie straży pożarnej: **10–15 min,**
- rozpoczęcie gaszenia: **3–6 min.**

Jeżeli gaszenie pożaru przez jednostki straży pożarnej rozpocznie się później niż po 20 minutach od zapłonu, zazwyczaj rejon pożaru jest już zniszczony.

Pozostałe części budynku powinny być chronione przez odporną ogniowo konstrukcję.

Wymogi dotyczące zabezpieczenia przeciwpożarowego są określone w celu niedopuszczenia do nadmiernego rozprzestrzeniania się ognia w przypadku pożaru. Zapobiegają one przechodzeniu ognia lub zbyt wysokiej temperatury z pomieszczeń ogarniętych pożarem do innych pomieszczeń w budynku, a w szczególności mają zabezpieczać drogi ewakuacyjne.

Budynki mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej zaliczone są do kategorii zagrożenia ludzi (oznaczenie **ZL**).

Wymagana klasa odporności pożarowej budynku, zaliczonego do kategorii ZL, zależy od jego wysokości – **im wyższy budynek – tym wyższa jest wymagana odporność pożarowa.**

Klasę odporności ogniowej i stopień rozprzestrzeniania ognia poszczególnych elementów budynku (ściany, stropy itd.) należy dostosować do klasy odporności pożarowej budynku (wg. Rozporządzenia „Warunki techniczne, jakim odpowiadać powinny budynki i ich usytuowanie" (Dz.U. nr 75/2002, poz. 690 wraz ze zmianami).

Odporność ogniową ustala się w minutach na podstawie trzech podstawowych kryteriów dotyczących:

- **R – nośności ogniowej** – zdolność do zachowania właściwości konstrukcyjnych (kryteria nośności ogniowej ściany zewnętrzne powinny spełniać wtedy, jeżeli przegroda jest częścią głównej konstrukcji nośnej),
- **E – szczelności ogniowej** – zdolność do zapobieżenia przejściu płomieni i gorących gazów,
- **I – izolacyjności ogniowej** – zdolność do ograniczenia przyrostu temperatury na nienagrzewanej powierzchni.

Dla ścian zewnętrznych klasa odporności ogniowej wynosi:

- dla budynków klasy A – **EI 120, R 240,**
- dla budynków klasy B – **EI 60, R 120,**
- dla budynków klasy C – **EI 30, R 60,**
- dla budynków klasy D – **EI 30, R 30,**
- dla budynków klasy E – bez określonych wymagań.

Klasa odporności ogniowej dotyczy pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem.

Dla ścian wewnętrznych oddzielających mieszkania od dróg komunikacji ogólnej oraz od innych mieszkań klasa odporności ogniowej wynosi:

– dla budynków niskich i średniowysokich – **EI 30,**

– dla budynków wysokich i wysokościowych – **EI 60.**

Klasa odporności ogniowej ściany oddzielającej segmenty budynków jednorodzinnych **ZL IV** (bliźniaczych, szeregowych lub atrialnych) powinna wynosić co najmniej – **REI 60.**

Okładzina zewnętrzna ścian i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja termiczna ściany zewnętrznej budynku na wysokości powyżej 25 m od poziomu terenu, muszą być wykonane z materiałów niepalnych.

W ścianach zewnętrznych budynku wielokondygnacyjnego powinny być zaprojektowane pasy międzykondygnacyjne o wysokości co najmniej 0,8 m lub oddzielenia poziome w formie daszków, gzymsów i balkonów o wysięgu co najmniej 0,5 m i odporności ogniowej takiej jak cała ściana.

Każdy materiał charakteryzuje się określoną reakcją na działanie ognia. Parametrem opisującym to zachowanie są euroklasy odnoszące się do czasu zapłonu, ilości wydzielanego dymu oraz uwalniania płonących kropel lub cząstek.

Tabela 5.5. Odporność ogniowa ścian z elementów Ytong Panel wg ETA 03/0007

Typ płyty	Grubość [mm]	Materiał wypełniający szczeliny dylatacyjne	
		Ognioodporna poliuretanowa pianka montażowa	Wełna mineralna
Ytong Panel G4/600	75	EI 60	EI 120
	100	EI 120	EI 120

Tabela 5.6. Odporność ogniowa ścian nienośnych z bloczków Ytong wg PN-EN 1996-1-2 (kryterium EI)

Odporność ogniowa ścian z bloczków YTONG (ściany nienośne)						
Grubość bloczków [mm]	50	75	100	115	150; 175	200; 240; 300; 365; 400; 480
Odmiany PP2/0,35, PP2,5/0,4, PP3/0,5						
ściany nieotynkowane	EI 30	EI 60 - EI 120	EI 120 - EI 240	EI 120 - EI 240	EI 180 - EI 240	EI 240
ściany otynkowane				EI 180 - EI 240		
Odmiany PP4/0,5, PP5/0,6						
ściany nieotynkowane	EI 30	EI 60 - EI 120	EI 120 - EI 240		EI 180 - EI 240	EI 240
ściany otynkowane	EI 30 - EI 90	EI 90 - EI 120	EI 180 - EI 240			

Tabela 5.7. Odporność ogniowa ścian nośnych z bloczków Ytong wg PN-EN 1996-1-2 (kryterium REI)

Odporność ogniowa ścian z bloczków YTONG (ściany nośne)								
Grubość bloczków [mm]	50; 75	100	115	150	175	200	240	300; 365; 400; 480
Odmiany PP2/0,35, PP2,5/0,4, PP3/0,5								
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 0,6								
ściany nieotynkowane	-		REI 90 - REI 120	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240		
ściany otynkowane				REI 120 - REI 240				
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 1,0								
ściany nieotynkowane	-		REI 45 - REI 120	REI 60 - REI 240		REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240
ściany otynkowane			REI 60 - REI 120				REI 180 - REI 240	
Odmiany PP4/0,5, PP5/0,6								
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 0,6								
ściany nieotynkowane	-	REI 60 - REI 120		REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240	
ściany otynkowane		REI 90 - REI 120		REI 180 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240		
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 1,0								
ściany nieotynkowane	-	REI 60 - REI 120	REI 45 - REI 120	REI 60 - REI 240	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240
ściany otynkowane		REI 60 - REI 240	REI 60 - REI 240	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240	

Reakcja na ogień

A1 – brak rozgorzenia, brak wkładu w rozwój pożaru – **jest to Euroklasa wyrobów Ytong**
A2 – brak rozgorzenia, brak wkładu w rozwój pożaru
B – brak rozgorzenia, bardzo mały wkład w rozwój pożaru
C – rozgorzenie pomiędzy 10 a 20 minutą, mały wkład w rozwój pożaru
D – rozgorzenie pomiędzy 2 a 10 minutą, średni wkład w rozwój pożaru
E – rozgorzenie przed upływem 2 minut, duży wkład w rozwój pożaru
F – produkty nieklasyfikowane

Zdolność wydzielania dymu

(dym jest krajach UE przyczyną ponad 60% zgonów podczas pożarów)
s1 – mało lub brak dymu
s2 – dość dużo dymu
s3 – znaczące wydzielanie dymu

Uwalnianie płonących kropli

(krople powstające przy topnieniu materiału mogą przenosić ogień na inne przedmioty)
d0 – brak płonących kropel
d1 – brak płonących kropel dłużej niż 10 s
d2 – występowanie płonących kropel

Ocena odporności ogniowej ściany

Odporność ogniową ścian z bloczków Ytong należy oceniać w oparciu o tabele 5.6 oraz 5.7, wykonane na podstawie tabel N.B.4.1. oraz N.B.4.2. z normy PN-EN 1996-1-2.

Wartości przedstawione w nawiasach odnoszą się do ścian otynkowanych. Można z nich korzystać pod warunkiem zastosowania powłoki tynkarskiej o grubości min. 10 mm z obu stron w przypadku ściany jednowarstwowej oraz po stronie narażonej na działanie ognia w przypadku ściany szczelinowej. W przypadku oceny ścian pozbawionych wykończenia (nieotynkowanych), szerokość niewypełnionych spoin pionowych w elementach murowanych na pióro i wpust nie może być większa niż 5 mm.

Odporność ogniowa zależy także od mimośrodu obciążenia i smukłości ściany, które nie są ujęte w tabelach, dlatego niektóre wartości podane są w przedziałach.

5.3. Izolacyjność akustyczna

Hałas to fale dźwiękowe o określonej częstotliwości i mocy. Można rozróżnić hałasy powietrzne (powstałe przez kontakt z powietrzem) i hałasy kontaktowe (wywołane przez kontakt z materiałem).
Nadmierny hałas możemy zlikwidować lub zmniejszyć przez eliminację lub wytłumienie drgań w samym źródle oraz poprawienie izolacyjności akustycznej przegród w budynku, czyli wyciszenie ścian, stropów, okien i drzwi.

Natężenie dźwięku

Natężenie dźwięku wyraża się w decybelach [dB]. Decybel jest to stosunek zmierzonego ciśnienia akustycznego do progu słyszalności.
Dźwięki o jednakowej intensywności, lecz o różnych częstotliwościach nie są jednakowo odbierane przez ucho ludzkie. Dwukrotna zmiana głośności dla niskich i wysokich częstotliwości odpowiada zmianie poziomu dźwięku o 6 dB, natomiast dla częstotliwości średnich wrażenie takie wywołuje zmiana o 10 dB.
Odczuwalna zmiana głośności przez człowieka zależna jest od jego poziomu wyjściowego i tak np. dla dźwięku o poziomie 0 dB odczuwalny będzie już wzrost o 2 dB, natomiast dla dźwięku o poziomie 90 dB zmiana o 2 dB nie będzie odczuwalna.

Przenoszenie i pochłanianie dźwięku

Dźwięk z sąsiednich pomieszczeń przenosi się nie tylko poprzez ściany, ale również poprzez połączenia ścian ze stropem oraz poprzez strop. Aby uniknąć nadmiernego hałasu, należy właściwie zaizolować ściany, połączenia ścian ze stropem oraz sam strop. Kiedy w danym pomieszczeniu fala dźwiękowa uderza w przegrodę, część tej energii jest odbijana z powrotem do pomieszczenia, a pozostała część wnika w przegrodę. W niej część fali dźwiękowej jest pochłaniana, a reszta jest przepuszczana przez materiał do sąsiedniego pomieszczenia. To, jak dany materiał pochłania dźwięk, wyrażone jest za pomocą współczynnika pochłaniania dźwięku α (alfa). Współczynnik ten przedstawiany jest jako częstotliwość i waha się od 0,0, które oznacza całkowite odbicie dźwięku, do 1,0, które oznacza całkowite pochłanianie dźwięku.

Izolacyjność akustyczna

Akustyka przegród budowlanych jest jednym z najważniejszych aspektów użytkowych budynków. Wymagania co do izolacyjności ścian w budynkach mieszkalnych oraz użyteczności publicznej określa norma PN-B-02151-3:1999 „Ochrona przed hałasem – Izolacyjność akustyczna przegród". Wymagania wobec najczęściej spotykanych typów przegród podano w tabeli 5.8.

Wymagania określone w PN-B-02151-3 dotyczą izolacyjności akustycznej przegrody wbudowanej, tzn. z uwzględnieniem zjawiska przenoszenia bocznego dźwięku. Zjawisko to jest zależne od indywidualnej geometrii ścian oraz geometrii i ciężaru przegród bocznych (stropów, ścian).

Poprawę izolacyjności akustycznej przegrody można osiągnąć na dwa sposoby:
- wygłuszenie dźwięku poprzez zwiększenie masy przegrody – np. ściana wykonana z cięższych bloków wapienno-piaskowych,
- wygłuszenie dźwięku poprzez zastosowanie systemu „masa-sprężyna-masa", czyli podwójnej ściany wypełnionej izolacją z wełny mineralnej, która bardzo dobrze pochłania hałas.

Projektowe wartości ważonych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} (ściany wewnętrzne) i R_{A2} (ściany zewnętrzne) ścian z elementów murowych z betonu komórkowego Ytong w zależności od odmiany betonu (gęstości objętościowej w stanie suchym) i grubości ściany przedstawia tabela 5.9.

Tabela 5.8. Wymagana izolacyjność ścian wewnętrznych

Typ budynku i pomieszczenia	R'_{A1} [dB]
Budynki wielorodzinne	
mieszkanie	50
korytarze, klatka schodowa	50
pomieszczenia sanitarne	35
pokoje w mieszkaniu	35
Budynki jednorodzinne	
ściany międzymieszkaniowe	55
pokoje w mieszkaniu	30–40[1]
sanitariaty	35–45[1]
Hotele 3–5-gwiazdkowe	
pokoje	50
korytarz	45
Szpitale	
pokoje chorych	40–50[1]
gabinety lekarskie	40–45[1]
Budynki administracyjne	
pokoje do pracy	35
pokoje do pracy wymagające koncentracji, dyrektorskie	40–45[1]
sanitariaty	50

[1] w zależności od typu pomieszczenia sąsiadującego

Tabela 5.9. Izolacyjność akustyczna ścian wewnętrznych z bloczków Ytong

Odmiana betonu komórkowego	Wartości projektowe wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej dla ścian wewnętrznych R_{A1} [dB]											
	50	75	100	115	150	175	200	240	300	365	400	480
Ytong Energo+ PP2/0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45[1]	-	47[1]
Ytong Energo PP2/0,35	-	-	-	-	-	-	-	42	44	47	48[1]	49[1]
Ytong Forte PP2,5/0,4	-	-	-	-	-	-	-	43	46	48	-	-
Ytong PP3/0,5 Ytong PP4/0,5	-	-	-	37	39	41	43	45	47	50	51	-
Ytong PP4/0,6 Ytong PP5/0,6	32	35	38	40[3]	42	44	45	47	50	52	53	-
Ytong PP5/0,7	-	-	-	-	-	-	-	52[2]	-	-	-	-

[1] Wartość szacowana
[2] Ściana otynkowana obustronnie tynkiem cementowo-wapiennym 20 mm
[3] Ściana otynkowana obustronnie tynkiem gipsowym 10 mm

Tabela 5.10. Izolacyjność akustyczna ścian zewnętrznych z bloczków Ytong

Odmiana betonu komórkowego	Wartości projektowe wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej dla ścian zewnętrznych R_{A2} [dB]											
	50	75	100	115	150	175	200	240	300	365	400	480
Ytong Energo+ PP2/0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42[1]	-	45[1]
Ytong Energo PP2/0,35	-	-	-	-	-	-	-	38	41	43	45[1]	47[1]
Ytong Forte PP2,5/0,4	-	-	-	-	-	-	-	40	42	44	-	-
Ytong PP3/0,5 Ytong PP4/0,5	-	-	-	35	36	38	39	42	44	46	47	-
Ytong PP4/0,6 Ytong PP5/0,6	32	34	35	37[3]	38	40	42	44	46	48	49	-
Ytong PP5/0,7	-	-	-	-	-	-	-	48[2]	-	-	-	-

[1] Wartość szacowana
[2] Ściana otynkowana obustronnie tynkiem cementowo-wapiennym 20 mm
[3] Ściana otynkowana obustronnie tynkiem gipsowym 10 mm

Podane wartości ważonych wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} i R_{A2} dotyczą ścian murowanych na cienkie spoiny z elementów gładkich z wypełnieniem wszystkich spoin oraz z elementów profilowanych, łączonych w spoinach pionowych na pióro i wpust bez wypełnienia zaprawą spoin pionowych, otynkowanych obustronnie tynkiem mineralnym o łącznej grubości min. 6 mm.

Ścianki działowe z płyt Ytong Panel, pomimo małej grubości, spełniają wymogi dotyczące izolacyjności akustycznej wewnątrz pomieszczeń. Ścianki oddzielające pomieszczenia mogą być zbudowane z płyt o grubości 7,5 cm. Do budowy łazienki należy zastosować płyty o grubości 10 cm. Aby osiągnąć najwyższą izolacyjność akustyczną, zaleca się wykonanie ciągłej dylatacji z gumowych bloków.

Tabela 5.11. Izolacyjność akustyczna ścian z płyt Ytong Panel[1]

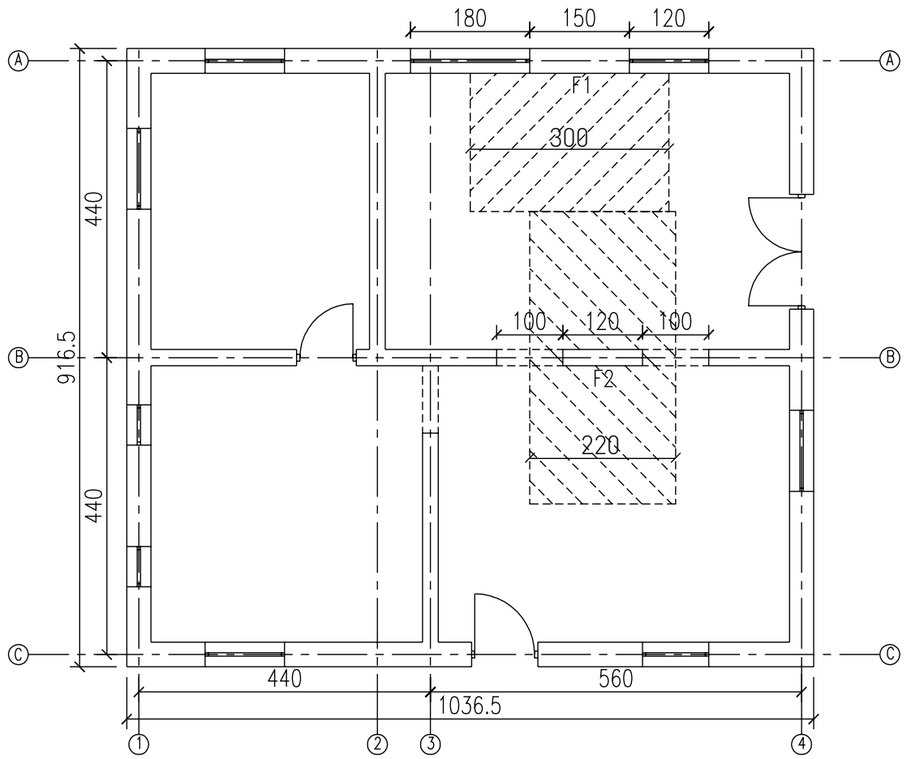
Grubość	R_{A1}	R_{A2}
7,5 cm	32	31
10 cm	37	35

[1] Podane wartości dotyczą ścian nieotynkowanych

6. Przykład obliczeniowy

6.1. Dane do obliczeń

Przedmiotem obliczeń są wybrane fragmenty ścian murowych konstrukcyjnych w budynku mieszkalnym jednorodzinnym. Elementy konstrukcyjne tworzą ściany murowe z bloczków Ytong obciążone głównie pionowo. Budynek zaprojektowano jako parterowy z użytkowym poddaszem, niepodpiwniczony. Schemat ścian konstrukcyjnych obiektu przedstawiony jest na rys. 6.1.
Budynek zlokalizowany jest w II strefie śniegowej oraz w I strefie wiatrowej (okolice Warszawy). Ściany zewnętrzne murowane zaprojektowane są z bloczków Ytong Energo PP2/0,35 o grubości 36,5 cm, a ściany wewnętrzne z bloczków Ytong PP4/0,6 grubości 24 cm. Nośność ściany jest spełniona także dla ściany zewnętrznej z bloczków Ytong Energo+ PP2/0,3 o grubości 36,5 cm, ponieważ przy tej samej wytrzymałości na ściskanie muru charakteryzuje się ona mniejszą masą.
Wysokość kondygnacji parteru wynosi 3,0 m (w świetle stropów 2,8 m). W budynku przewidziano stropy z betonu komórkowego Ytong o grubości 20 cm, oparte na ścianach murowych. Usztywnienie konstrukcji stanowią wieńce żelbetowe zewnętrzne o grubości 17 cm, ocieplone kształtkami Ytong EDW o wys. 20 cm i szerokości 11,5 cm oraz wieńce ściany wewnętrznej o grubości 8 cm. Budynek przekryty jest dachem dwuspadowym o konstrukcji drewnianej, pokrytym dachówką ceramiczną. Więźba oparta jest za pośrednictwem murłat na ścianach zewnętrznych w osiach A i C. Dach jest nachylony pod kątem 40°, a okap ma wysięg 70 cm (wymiar od krawędzi zewnętrznej ściany). W ściankach kolankowych o wysokości 1,2 m przewidziano słupki żelbetowe kotwione w wieńcach stropu nad parterem i spięte wieńcami, na których spoczywają murłaty.



Rys. 6.1. Schemat ścian konstrukcyjnych w budynku

6.2. Zestawienie obciążeń

Zestawienie obciążeń jest zgodnie z normami PN-EN 1990-1-1, PN-EN 1991-1-1, PN-EN 1991-1-3 oraz PN-EN 1991-1-4.

6.2.1. Dach

Obciążenia stałe

Tabela 6.1. Ciężar dachu

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]
dachówka ceramiczna	0,90
więźba dachowa	0,15
wełna mineralna grub. 30 cm	0,30
płyty G-K na ruszcie	0,18
Razem:	**1,53 kN/m²**

Obciążenia zmienne

- obciążenie użytkowe wg tab. 6.9. PN-EN 1991-1-1

Przyjęto kategorię dachu H – dachy bez dostępu, z wyjątkiem zwykłego utrzymania i napraw:

$$q_k = 0{,}40 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3

W II strefie obciążenie śniegiem s_k = 0,9 kN/m² (tabela NB.1). Budynek zlokalizowany jest w terenie normalnym (obszary, na których nie występuje znaczne przenoszenie śniegu przez wiatr na budowlę z powodu ukształtowania terenu, innych budowli oraz drzew). Na dachu zastosowano zabezpieczenie przed osuwaniem się śniegu.

współczynnik ekspozycji:

- C_e = 1,0

współczynnik termiczny:

- C_t = 1,0

współczynnik kształtu dachu:

- μ = 0,8 (przy braku zabezpieczeń przed osuwaniem się śniegu μ=0,8·(60-α)/30

Obciążenie śniegowe równomiernie rozłożone na całym dachu, działające prostopadle do stropu:

$$S_k = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 = 0{,}72 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4

Kąt pochylenia połaci wynosi α = 40°. Założono I strefę obciążenia wiatrem oraz kategorię terenu III (tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedyńczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościom, takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy).

Współczynnik ekspozycji (tabela NB.3 z PN-EN 1991-1-4):

$$C_e = 1{,}89 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0{,}26} = 1{,}89 \cdot \left(\frac{8{,}5 \text{ m}}{10}\right)^{0{,}26} = 1{,}81$$

z – wysokość nad poziomem gruntu

Ciśnienie prędkości wiatru (tabela NB.1 z PN-EN 1991-1-4):

$$q_{b0} = 0{,}30 \ kN/m^2$$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości na wysokości odniesienia 8,5 m:

$$q_p(z) = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot q_{b,0} \cdot C_e = 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}30 \cdot 1{,}81 = 0{,}543 \ kN/m^2$$ dla kierunku θ = 0°

Z uwagi na odciążający charakter działających obciążeń, obliczenia wiatru dla kierunku θ = 90° pominięto. Dach należy podzielić na 5 stref: F, G, H, J i I. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego $C_{pe,10}$ i $C_{pe,1}$ (odpowiednio dla powierzchni 10 m² i 1 m²) uzyskano z tabeli 7.4a z PN-EN 1991-1-4. Jeżeli pole powierzchni danej strefy wynosi: 1m² < A < 10 m² wartość c_{pe} należy interpolować za pomocą wzoru:

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A$$

Wartość ciśnienia wiatru działającego na powierzchnię zewnętrzną:

$$w_e = c_{pe} \cdot q_p(z_0)$$

Wartość ciśnienia działającego na powierzchnię wewnętrzną:

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z_0)$$

Wartość ciśnienia należy powiększyć o nadciśnienie/podciśnienie działające w budynku zgodnie z wektorem sił:

$$w_{net} = w_e \pm w_i$$

Powyższy wpływ należy uwzględnić w przypadku obiektów posiadających duże otwory, takich jak hale magazynowe lub produkcyjne. Wpływ nadciśnienia/podciśnienia w budynku jednorodzinnym można pominąć. Otwarcie okien podczas silnego wiatru należy uwzględnić w obliczeniach jako sytuację wyjątkową.

Tabela 6.2. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachu, kierunek 0°

Wielkość	Pole dachu				
	F (4,52 m²)	G (9,03 m²)	H (63,06 m²)	I (63,06 m²)	J (18,07 m²)
$c_{pe,10}$	-0,17	-0,17	-0,07	-0,27	-0,37
	0,70	0,70	0,53	0,00	0,00
$c_{pe,1}$	-0,50	-0,50	-0,07	-0,27	-0,37
	0,70	0,70	0,53	0,00	0,00
c_{pe}	-0,39	-0,49	-0,07	-0,27	-0,37
	0,70	0,70	0,53	0,00	0,00
w_e	-0,22	-0,27	-0,04	-0,15	-0,20
	0,38	0,38	0,29	0,00	0,00

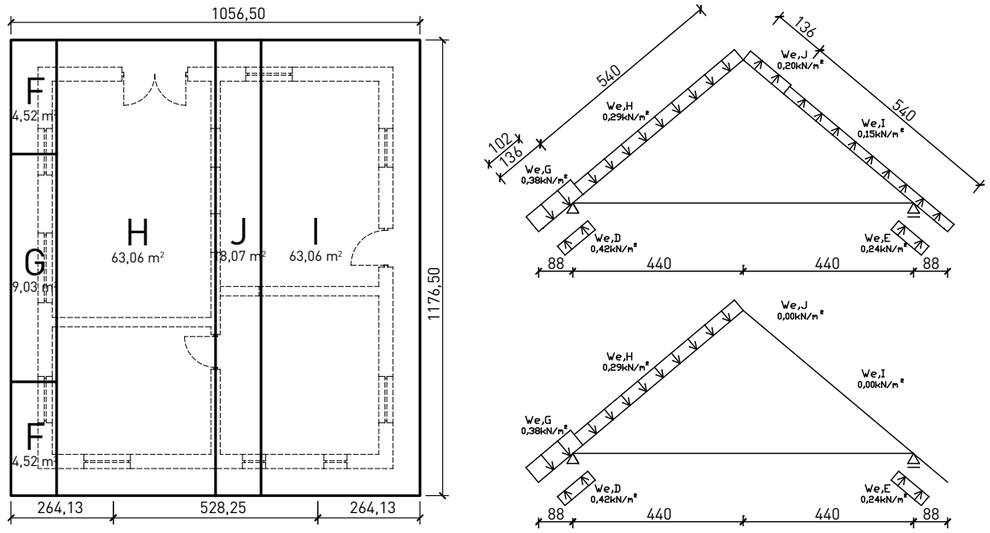
Przykład dla obliczenia sił w strefie F:

Tabela 6.3. Przykład interpolacji wartości c_{pe} (wartości z tablicy 7.4a z PN-EN 1991-1-4)

Grubość	30	45	40
$c_{pe,10}$	-0,50	0,00	-0,17
$c_{pe,1}$	-1,50	0,00	-0,50

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \log_{10} A = -0{,}50 - (0{,}50 + 0{,}17) \cdot \log_{10} 3{,}46 = -0{,}35$$

$$w_e = c_{pe} \cdot q_p(z_0) = -0{,}35 \cdot 0{,}543 = -0{,}19 kN/m^2$$



Rys. 6.2. Strefy wiatrowe dla połaci dachowej

– wysokość budynku
  h = 8,5 m
– szerokość budynku
  d = 11,33 m
– h/d = 0,72

Uwzględniając obciążenie okapu (takie samo jak obciążenie ściany), najbardziej niekorzystny układ daje obciążenie liniowe na murłatę o wartości: **0,75 kN/m**.

Obciążenie przekazywane z dachu na murłatę

Tabela 6.4. Zestawienie obciążeń przekazywanych z dachu na murłatę

Rodzaj obciążenia z dachu	Wartość [kN/m²]	Pow. rozdziału [m²]	Obc. charakterystyczne [kN/m]
ciężar własny	1,53	6,90	10,56
śnieg	0,72	5,28	3,80
wiatr	0,75	1,00	0,75
użytkowe	0,40	6,90	2,76
		Razem:	**17,97 kN/m**

6.2.2. Strop nad parterem

Obciążenia stałe

Tabela 6.5. Zestawienie obciążeń stałych działających na strop

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]	Obciążenie charakterystyczne [kN/m²]
posadzka	0,25	0,25
płyta stropowa Ytong 20 cm	0,20 · 6,70	1,34
tynk	0,015 · 19,00	0,29
	Razem:	**1,88 kN/m²**

Obciążenia zmienne

Na podstawie tablicy 6.1 z PN-EN 1991-1-1 dobrano kategorię budynku A (powierzchnie mieszkalne).

– obciążenie użytkowe stropu
Wartość obciążenia charakterystycznego zmiennego wynosi 1,5–2,0 kN/m².
Przyjęto: q_k **= 2,0 kN/m²**

– obciążenie zastępcze od ścianek działowych
Według punktu 6.3.1.1 z PN-EN 1991-1-1 obciążenie zastępcze od ścianek działowych wynosi:
  – dla ścian o ciężarze własnym ⩽ 1,0 kN/m, q_k = 0,5 kN/m²
  – dla ścian o ciężarze własnym ⩽ 2,0 kN/m, q_k = 0,8 kN/m²
  – dla ścian o ciężarze własnym ⩽ 3,0 kN/m, q_k = 1,2 kN/m²

Tabela 6.6. Zestawienie obciążeń stałych od ścianek działowych

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]	Obciążenie charakterystyczne [kN/m²]
Ytong Interio	5,00 · 0,115 · 2,80	1,61
tynk	2 · 0,005 · 19,00 · 2,80	0,53
	Razem:	**2,14 kN/m²**

Zgodnie z PN-EN 1991-1-1 w przypadku ścianek działowych o wysokości 2,80 m wykonanych z bloczków Ytong Interio można przyjąć wartość q_k **= 1,2 kN/m²** (2,0 kN/m > 2,14 kN/m > 3,00 kN/m).

Tabela 6.7. Zestawienie obciążeń zmiennych działających na strop

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]
obciążenie użytkowe	2,00
obciążenie zastępcze od ścianek działowych	1,20
Razem:	**3,20 kN/m²**

6.2.3. Ściany budynku

Obciążenie stałe

Tabela 6.8. Zestawienie obciążeń stałych od ściany zewnętrznej z bloczków Ytong Energo PP2/0,35 grub. 36,5 cm

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]	Obciążenie charakterystyczne [kN/m²]
tynk wewnętrzny 0,5 cm	0,005 · 19,00	0,10
ściana z bloczków Ytong Energo PP2/0,35 grub. 36,5 cm	0,365 · 3,50	1,28
tynk zewętrzny 1,5 cm	0,015 · 19,00	0,29
	Razem:	**1,67 kN/m²**

– ciężar wieńca żelbetowego ściany zewnętrznej (17 cm x 20 cm): 0,17 · 0,20 · 25 = **0,85 kN/m**
– ciężar wieńca żelbetowego ściany wewnętrznej (8 cm x 20 cm): 0,08 · 0,20 · 25 = **0,40 kN/m**
– ciężar kształtki Ytong EDW o wys. 20 cm i grubości 11,5 cm: **0,13 kN/m**

Tabela 6.9. Zestawienie obciążeń stałych od ściany wewnętrznej z bloczków Ytong PP4/0,6 grub. 24 cm

Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²]	Obciążenie charakterystyczne [kN/m²]
tynk wewnętrzny 0,5 cm	0,005 · 19,00	0,10
ściana z bloczków Ytong PP4/0,6 grub. 24 cm	0,24 · 6,00	1,44
tynk zewnętrzny 0,5 cm	0,005 · 19,00	0,10
	Razem:	**1,64 kN/m²**

Obciążenia zmienne

- obciążenie wiatrowe

Ponieważ $e = \min(b, 2h) = 11{,}73 \geq d = 9{,}16m$, ściany budynku należy podzielić na 4 strefy wiatrowe.

Tabela 6.10. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachu, kierunek 0°

	Pole ścian			
	A	B	D	E
$C_{pe,10}$	–1,20	–0,80	0,78	–0,45
$w_{e,10}$	–0,65	–0,43	0,42	–0,24

Współczynniki ciśnienia zewnętrznego $c_{pe,10}$ i $c_{pe,1}$ (odpowiednio dla powierzchni 10 m² i 1 m²) uzyskano z tabeli 7.1. z PN-EN 1991-1-4.

Wartość ciśnienia wiatru działającego na powierzchnię zewnętrzną:

$$w_e = c_{pe} \cdot q_p(z_0)$$

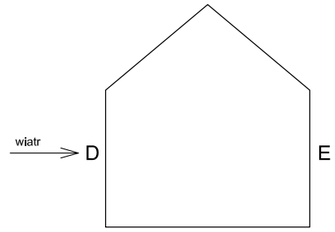
Wartość ciśnienia działającego na powierzchnię wewnętrzną:

$$w_i = c_{pi} \cdot q_p(z_0)$$

Wartość ciśnienia należy powiększyć o nadciśnienie/podciśnienie działające w budynku zgodnie z wektorem sił.

$$w_{net} = w_e \pm w_i$$

Powyższy wpływ należy uwzględnić w przypadku obiektów posiadających duże otwory, takich jak hale magazynowe lub produkcyjne. Wpływ nadciśnienia/podciśnienia w budynku jednorodzinnym można pominąć. Otwarcie okien podczas silnego wiatru należy uwzględnić jako sytuację wyjątkową w obliczeniach. W obliczeniach brane są pod uwagę obciążenia stref wiatrowych D i E, jako działające jednocześnie z obciążeniem wiatrowym dla kierunku θ = 0°.



Rys. 6.3. Strefy wiatrowe dla ścian

Współczynniki ψ_0 dla budynków kategorii A
– obciążenie użytkowe dachu: $\psi_0 = 0{,}00$
– obciążenie śniegowe: $\psi_0 = 0{,}50$
– obciążenie wiatrowe dachu: $\psi_0 = 0{,}60$
– obciążenie zmienne stropów: $\psi_0 = 0{,}70$

6.3. Obliczenia

6.3.1. Filar ściany zewnętrznej (F1)

Dane geometryczne:

– grubość muru z bloczków Ytong Energo	36,5 cm
– długość, z jakiej zbierane jest obciążenie (1,5 m + 0,5 m · 1,2 m + 0,5 · 1,8 m)	3,00 m
– szerokość filara	1,50 m
– rozpiętość stropu	4,40 m
– grubość stropu	0,20 m
– wysokość kondygnacji w świetle	2,80 m

Dane materiałowe (zgodnie z rozdz. 4):

– wytrzymałość na ściskanie bloków	f_b = 2,0 N/mm²
– charakterystyczna wytrzymałość muru	f_k = 1,08 N/mm²
– obliczeniowa wytrzymałość muru	f_d = 0,64 N/mm²
– doraźny moduł sprężystości muru	E = 649 N/mm²
– doraźny moduł sprężystości stropu Ytong	E_{cm} = 2000 N/mm²

Powierzchnie rozdziału dla dachu uwzględniają kąt pochylenia oraz szerokość okapu.
Z uwagi na jednokierunkową pracę Ytong, filar F1 o szerokości 1,50 m zbiera obciążenie z pasma o szerokości 3,0 m. Rozważono przypadki zmiennych obciążeń wiodących użytkowego, śniegowego i wiatrowego.

Tabela 6.11. Obciążenia działające na 1 mb ściany zewnętrznej

Element	Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²] lub [kN/m]	Powierzchnia oddziaływania [m²] lub [m]	Obciążenie stałe [kN]	Obciążenie zmienne [kN]
Dach	Ciężar własny	1,53	6,90 · 3,00	31,67	
	Śnieg	0,72	5,28 · 3,00		11,40
	Wiatr	1,63	1,00 · 3,00		2,25
	Użytkowe	0,40	6,90 · 3,00		8,28
Ścianka kolankowa	Ciężar własny	1,67	1,20 · 3,00	6,01	
	Wieniec	0,85	1,00 · 3,00	2,55	
	Murłata	0,13	1,00 · 3,00	0,39	
	Kształtka U + izolacja	0,43	1,00 · 3,00	1,29	
	EDW 20/11,5	0,13	1,00 · 3,00	0,39	
Strop	Ciężar własny	1,88	2,20 · 3,00	12,41	
	Obciążenie zmienne	2,00	2,20 · 3,00		13,20
	Ścianki działowe	1,20	2,20 · 3,00		7,92
Ściana	Wieniec	0,85	1,00 · 3,00	2,55	
	EDW 20/11,5	0,13	1,00 · 3,00	0,39	
	Ciężar własny	1,67	2,50 · 1,50 + 0,30 · 3,00[1)]	7,77	
	Obciążenie dolnej krawędzi ściany [kN/m]			**65,42**	**43,05**
	Obciążenie środkowego przekroju ściany [kN/m]			**61,16**	**43,05**
	Obciążenie górnej krawędzi ściany [kN/m]			**57,65**	**43,05**
	Obciążenie ze stropu w_4 [kN/m²]			**1,88**	**3,20**

[1)] Okno sięga do wysokości 2,50 m

Kombinacje obciążeń

$$N_{Ed} = \max\left\{\begin{array}{l}\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1}\cdot\psi_{0,1}\cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot N_{Qk,u,i} \\ \sum_{j\geq 1}\xi\cdot\gamma_{G,j}\cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1}\cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot N_{Qk,u,i}\end{array}\right\}$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju pod stropem:

$$N_{1,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c}1{,}35\cdot 57{,}65 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 57{,}65 + 1{,}5\cdot 13{,}20 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot 7{,}92 + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 57{,}65 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 57{,}65 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 2{,}25\end{array}\right\}$$

$$N_{1,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c}110{,}58 \\ 104{,}84 \\ 107{,}45 \\ 100{,}25\end{array}\right\} = 110{,}58\,kN$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju środkowym:

$$N_{m,Ed} = \max\left\{\begin{array}{l}1{,}35\cdot 61{,}16 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 61{,}16 + 1{,}5\cdot 13{,}20 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot 7{,}92 + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 61{,}16 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 61{,}16 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 2{,}25\end{array}\right\}$$

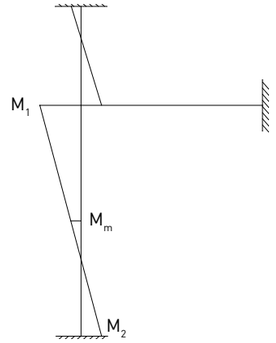
$$N_{m,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c}115{,}32 \\ 108{,}87 \\ 111{,}48 \\ 104{,}28\end{array}\right\} = 115{,}32\,kN$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju nad stropem (dolna krawędź ściany):

$$N_{2,Ed} = \max\left\{\begin{array}{l}1{,}35\cdot 65{,}42 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 65{,}42 + 1{,}5\cdot 13{,}20 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot 7{,}92 + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 65{,}42 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 0{,}6\cdot 2{,}25 \\ 0{,}85\cdot 1{,}35\cdot 65{,}42 + 1{,}5\cdot 0{,}7\cdot(13{,}20+7{,}92) + 1{,}5\cdot 0\cdot 8{,}28 + 1{,}5\cdot 0{,}5\cdot 11{,}40 + 1{,}5\cdot 2{,}25\end{array}\right\}$$

$$N_{2,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c}121{,}07 \\ 113{,}76 \\ 116{,}37 \\ 109{,}17\end{array}\right\} = 121{,}07\,kN$$

Współczynniki, które dają bardziej niekorzystny efekt oddziaływań dla wszystkich przekroi:
- obciążenie stałe: $\gamma_G = 1{,}35$,
- obciążenie zmienne: $\gamma_Q = 1{,}50\cdot\psi_0$.



Rys. 6.4. Schemat działających momentów zginających

Obciążenie liniowe ze stropu:

$$w_4 = 1{,}35\cdot 1{,}88\cdot 3{,}0 + 1{,}50\cdot 0{,}7\cdot 3{,}20\cdot 3{,}0 = 17{,}69 kN/m$$

Obciążenie poziome ściany od wiatru (ssanie):

$$q_w = w_{net}\cdot\gamma_M = 0{,}24\cdot 1{,}5 = 0{,}36\,kN/m^2$$

Obciążenie poziome ściany od wiatru (parcie):

$$q_w = w_{net}\cdot\gamma_M = 0{,}42\cdot 1{,}5 = 0{,}63\,kN/m^2$$

Sztywność ściany zewnętrznej:

$$I_1 = I_2 = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{150 \cdot 36{,}5^3}{12} = 607839\,cm^4$$

$$E \cdot I_1 = 64{,}9\,{kN}/{cm^2} \cdot 607\,839\,cm^4 = 3{,}94\,MNm^2$$

Sztywność stropu:

$$I_4 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{300 \cdot 20^3}{12} = 200\,000\,cm^4$$

$$E \cdot I_1 = 200\,{kN}/{cm^2} \cdot 200000\,cm^4 = 4{,}00\,MNm^2$$

Moment spowodowany siłą ssania wiatru:

$$M_{wd} = \frac{q_w \cdot h^2 \cdot 3{,}0m}{16} = \frac{0{,}36 \cdot 2{,}80^2 \cdot 3{,}0m}{16} = 0{,}53\,kNm$$

Moment spowodowany siłą parcia wiatru:

$$M_{wd} = \frac{w_d \cdot h^2 \cdot 3{,}0m}{16} = \frac{0{,}63 \cdot 2{,}80^2 \cdot 3{,}0m}{16} = 0{,}93\,kNm$$

Mimośród niezamierzony:

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 1{,}0 \cdot 2{,}8 = 2{,}8\,m$$

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2{,}8}{450} = 0{,}62cm$$

Obliczenia nośności filara w przekroju 1-1 (pod stropem)

Obliczeniowy moment zginający M_1:

$n_1 = n_2 = n_4 = 4$ – wszystkie pręty obustronne utwierdzone

Konstrukcja ścianki kolankowej pozwala na przeniesienie momentu częściowego utwierdzenia.

$$M_1 = \frac{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2} + \frac{n_4 E_4 I_4}{l_4}} \left[\frac{w_4 l_4^2}{4(n_4 - 1)}\right] = \frac{\frac{4 \cdot 3{,}94}{2{,}80}}{\frac{4 \cdot 3{,}94}{2{,}80} + \frac{4 \cdot 3{,}94}{1{,}20} + \frac{4 \cdot 4{,}00}{4{,}40}} \left[\frac{17{,}69 \cdot 4{,}4^2}{4(4-1)}\right] = 7{,}17\,kNm$$

$$k_m = \frac{\frac{n_3 E_3 I_3}{l_3} + \frac{n_4 E_4 I_4}{l_4}}{\frac{n_1 E_1 I_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 I_2}{h_2}} = \frac{\frac{4 \cdot 4{,}00}{4{,}40}}{\frac{4 \cdot 3{,}94}{2{,}80} + \frac{4 \cdot 3{,}94}{1{,}20}} = 0{,}19 \le 2{,}0$$

$$M_1' = \eta \cdot M_1 = 0{,}95 \cdot 7{,}17 = 6{,}81 kNm$$

Mimośród spowodowany siłą parcia wiatru:

$$e_{he} = \frac{M_{wd}}{N_{1d}} = \frac{93 kNcm}{110{,}58 kN} = 0{,}84\,cm$$

Mimośród niezamierzony:

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2{,}8}{450} = 0{,}62cm$$

Współczynnik redukcyjny:

$$e_1 = \frac{M_1}{N_1} + e_{init} + e_{he} = \frac{681}{110{,}58} + 0{,}62 + 0{,}84 = 7{,}62\,cm$$

$$e_1 > 0{,}05t = 1{,}83cm \quad \text{oraz} \quad \frac{M_1}{N_1} = 6{,}16\,cm < 0{,}45t = 16{,}43\,cm$$

$$\Phi_1 = 1 - 2\frac{e_1}{t} = 1 - 2\frac{7{,}62}{36{,}5} = 0{,}58$$

Nośność ściany w przekroju pod stropem:

$$N_{Ed1} \le N_{Rd1}$$

$$N_{Rd1} = \Phi_1\, t\, f_d\, L = 0{,}58 \cdot 36{,}5cm \cdot 0{,}064\,{kN}/{cm^2} \cdot 150cm = 203{,}23\,kN$$

$$110{,}58\,kN \le 203{,}23\,kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

Obliczenia nośności filara w przekroju 2–2 (nad stropem)

Obliczeniowy moment zginający M_2

Istnieje trudność w wyznaczeniu momentu M_2 według schematu przedstawionego powyżej, ponieważ posadzka spoczywa na gruncie. Wartość momentu w przekroju M_2 można przyjąć jako połowę wartości momentu M_1, stąd:

$$M_2' = 0{,}5 \cdot M_1' = 0{,}5 \cdot 6{,}81 kNm = 3{,}41 kNm$$

Mimośród spowodowany siłą ssania wiatru:

$$e_{he} = \frac{M_{wd}}{N_{2d}} = \frac{53 kNcm}{121{,}07 kN} = 0{,}44cm$$

Mimośród niezamierzony:

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2{,}8}{450} = 0{,}62cm$$

Współczynnik redukcyjny:

$$e_2 = \frac{M_2}{N_2} + e_{init} + e_{he} = \frac{341}{121{,}07} + 0{,}62 + 0{,}44 = 3{,}88\,cm$$

$$e_2 > 0{,}05t = 1{,}83cm \quad \text{oraz} \quad \frac{M_2}{N_2} = 2{,}82cm < 0{,}45t = 16{,}43cm$$

$$\Phi_2 = 1 - 2\frac{e_2}{t} = 1 - 2\frac{3{,}88}{36{,}5} = 0{,}79$$

Nośność ściany zewnętrznej w przekroju nad stropem:

$$N_{Ed2} \le N_{Rd2}$$

$$N_{Rd2} = \Phi_2\, t\, f_d\, L = 0{,}79 \cdot 36{,}5cm \cdot 0{,}064\,{kN}/{cm^2} \cdot 150cm = 276{,}82\,kN$$

$$121{,}07 kN \le 276{,}82\,kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

Sprawdzenie nośności filara F1 w przekroju środkowym

Obliczeniowy moment zginający M_{rm}:

$$M_m' = \frac{M_1' + M_2'}{2} = \frac{-6{,}81 + 3{,}41}{2} = -1{,}70\,kNm$$

Mimośród spowodowany siłą ssania wiatru:

$$e_{he} = \frac{M_{wd}}{N_{1d}} = \frac{53kNcm}{115{,}32kN} = 0{,}46\,cm$$

Mimośród niezamierzony:

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2{,}8}{450} = 0{,}62cm$$

Warunek smukłości ściany:

$$t_{eff} = \rho_t \cdot h = 1{,}0 \cdot 0{,}365 = 0{,}365\,cm$$

$$h_{eff} / t_{eff} = 2{,}80 / 0{,}365 = 7{,}67 < 27$$

Mimośród działania obciążenia:

$$e_m = \frac{M_m}{N_m} + e_{init} + e_{he} = \frac{170kNcm}{115{,}32kN} + 0{,}62 + 0{,}46 = 2{,}55\,cm$$

Mimośród wskutek pełzania:

$\Phi_\infty = 0{,}5$ - końcowy współczynnik pełzania

$$e_k = 0{,}002 \cdot \Phi_\infty \cdot h_{eff} / t_{eff} \cdot \sqrt{t \cdot e_m} = 0{,}002 \cdot 0{,}5 \cdot 280 / 36{,}5 \cdot \sqrt{36{,}5 \cdot 2{,}55} = 0{,}07\,cm$$

$$e_{mk} = e_k + e_m = 0{,}07 + 2{,}55 = 2{,}62\,cm > 0{,}05t = 1{,}83\,cm$$

Współczynnik redukcyjny:

$$A_1 = 1 - 2\frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2\frac{2{,}62}{36{,}5} = 0{,}86$$

$$u = \frac{\frac{h_{eff}}{t_{eff}} - 1{,}67}{19{,}3 - 31 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{\frac{280}{36{,}5} - 1{,}67}{19{,}3 - 31 \cdot \frac{2{,}62}{36{,}5}} = 0{,}35$$

$$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} = 0{,}86 \cdot e^{-\left(\frac{0{,}35^2}{2}\right)} = 0{,}81$$

$$N_{Rdm} = \Phi_m\, t\, f_d\, L = 0{,}81 \cdot 36{,}5cm \cdot 0{,}064 kN/cm^2 \cdot 150 = 283{,}82\,kN$$

$$115{,}32\,kN \le 283{,}82\,kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

6.3.2. Filar ściany wewnętrznej (F2)

Dane geometryczne:

- grubość muru	24,0 cm
- szerokość filara	1,20 m
- szerokość pasma, z jakiego zbierane są obciążenia	2,20 m
- rozpiętość stropów	4,40 m
- grubość stropów	0,20 m
- wysokość kondygnacji w świetle	2,80 m

Dane materiałowe (zgodnie z rozdz. 4):

- wytrzymałość na ściskanie bloczków Ytong PP4/0,6 24 cm	f_b = 4 N/mm²
- charakterystyczna wytrzymałość muru	f_k = 2,44 N/mm²
- doraźny moduł sprężystości muru	E = 1 464 N/mm²
- doraźny moduł sprężystości stropu Ytong	E_{cm} = 2000 N/mm²

Dach oparty jest na ścianach kolankowych, dlatego obciążenie nie jest przekazywane na ściany wewnętrzne. W obliczeniach uwzględniono ciężar ściany z bloczków Ytong PP4/0,6 grub. 24 cm o wysokości 3 m, znajdującej się na kondygnacji powyżej. Z uwagi na jednokierunkową pracę stropu Ytong, filar F2 o szerokości 1,20 m zbiera obciążenie z pasma o szerokości 2,2 m.

Tabela 6.12. Obciążenia działające na 1 mb ściany wewnętrznej

Element	Rodzaj obciążenia	Wartość [kN/m²] lub [kN/m]	Powierzchnia oddziaływania [m²] lub [m]	Obciążenie osiowe stałe [kN]	Obciążenie osiowe zmienne [kN]
Ściana wew. na poddaszu	Ciężar własny	1,64	3,00 · 2,20	10,82	
Strop	Ciężar własny	1,88	4,40 · 2,20	18,20	
	Obc. zmienne	2,00	4,40 · 2,20		19,36
	Ścianki działowe	1,20	4,40 · 2,20		11,62
Ściana	Wieniec	0,40	1,00 · 2,20	0,88	
	Ciężar własny	1,64	2,40 · 1,20 + 0,40 · 2,20[1]	6,17	
	Obciążenie dolnej krawędzi ściany [kN/m]			**36,07**	**30,98**
	Obciążenie środkowego przekroju ściany [kN/m]			**32,66**	**30,98**
	Obciążenie górnej krawędzi ściany [kN/m]			**29,90**	**30,98**
	Obciążenie ze stropu w_4 [kN/m²]			**1,88**	**3,20**

[1] Drzwi sięgają do wysokości 2,40 m

Kombinacje obciążeń

$$N_{Ed} = \max\left\{\begin{array}{c} \sum_{j\ge1} \gamma_{G,j} \cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot N_{Qk,u,i} \\ \sum_{j\ge1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot N_{Gk,u} + \gamma_{Q,1} \cdot N_{Qk,u,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot N_{Qk,u,i} \end{array}\right\}$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju pod stropem:

$$N_{1,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c} 1{,}35 \cdot 29{,}9 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 30{,}98 \\ 0{,}85 \cdot 1{,}35 \cdot 29{,}9 + 1{,}5 \cdot 19{,}36 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 11{,}62 \end{array}\right\}$$

$$N_{1,Ed} = \max\left\{\begin{array}{c} 72{,}89 \\ 75{,}55 \end{array}\right\} = 75{,}55\,kN$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju środkowym:

$$N_{m,Ed} = \max\begin{Bmatrix} 1{,}35 \cdot 32{,}66 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 30{,}98 \\ 0{,}85 \cdot 1{,}35 \cdot 32{,}66 + 1{,}5 \cdot 19{,}36 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 11{,}62 \end{Bmatrix}$$

$$N_{m,Ed} = \max\begin{Bmatrix} 76{,}62 \\ 75{,}55 \end{Bmatrix} = 76{,}62\,kN$$

Siła działająca na 1 mb ściany w przekroju nad stropem:

$$N_{2,Ed} = \max\begin{Bmatrix} 1{,}35 \cdot 36{,}07 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 30{,}98 \\ 0{,}85 \cdot 1{,}35 \cdot 36{,}07 + 1{,}5 \cdot 19{,}36 + 1{,}5 \cdot 0{,}7 \cdot 11{,}62 \end{Bmatrix}$$

$$N_{2,Ed} = \max\begin{Bmatrix} 81{,}22 \\ 75{,}55 \end{Bmatrix} = 81{,}22kN$$

Sprawdzenie nośności filara F2 (ściana wewnętrzna)

Sztywność ściany wewnętrznej:

$$I_1 = I_2 = \frac{b \cdot t^3}{12} = \frac{120 \cdot 24^3}{12} = 138240\,cm^4$$

$$E \cdot I_1 = 146{,}4\,{kN}/{cm^2} \cdot 138240\,cm^4 = 2{,}02\,MNm^2$$

Sztywność stropu:

$$I_4 = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{220 \cdot 20^3}{12} = 146667\,cm^4$$

$$E \cdot I_4 = 200\,{kN}/{cm^2} \cdot 146667\,cm^4 = 2{,}93\,MNm^2$$

Mimośród niezamierzony:

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 1{,}0 \cdot 2{,}8 = 2{,}8\,m$$

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{2{,}8}{450} = 0{,}62cm$$

Mimośród spowodowany siłą ssania wiatru:

$$e_{he} = 0$$

$$M_{wd} = 0kNm$$

Obliczenia nośności ściany w przekroju 1–1 i 2–2 (pod stropem i nad stropem)

Obliczeniowy moment zginający M_1:

Ponieważ obciążenie jest symetryczne ($w_4 = w_3$) oraz długości i warunki podparcia prętów 3 i 4 są takie same, wartość $M_1 = M_2 = 0$.

$$M_1 = M_2 = \frac{\frac{n_1\,E_1\,I_1}{h_1}}{\frac{n_1\,E_1\,I_1}{h_1} + \frac{n_2\,E_2\,I_2}{h_2} + \frac{n_3\,E_3\,I_3}{l_3} + \frac{n_4\,E_4\,I_4}{l_4}} \left[\frac{w_3\,l_3^2}{4\,(n_3 - 1)} - \frac{w_4\,l_4^2}{4\,(n_4 - 1)}\right] = 0$$

Współczynniki redukcyjne:

$$e_1 = e_2 = \frac{M_1}{N_1} + e_{init} + e_{he} = 0 + 0{,}62 + 0 = 0{,}62\,cm < 0{,}05 \cdot t = 1{,}2cm, \text{ dlatego}$$

$$e_1 = e_2 = 1{,}2\,cm$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 = 1 - 2\frac{e_1}{t} = 1 - 2\frac{1{,}2}{24{,}0} = 0{,}90$$

Nośność ściany w przekroju pod stropem:

$$N_{Ed1} \le N_{Rd1}$$

$$N_{Rd1} = \Phi_1\,t\,f_d\,L = 0{,}90 \cdot 24{,}0cm \cdot 0{,}143\,{kN}/{cm^2} \cdot 120cm = 370{,}66\,kN$$

$$75{,}55kN \le 370{,}66\,kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

Nośność w przekroju nad stropem:

$$N_{Ed2} \le N_{Rd2}$$

$$N_{Rd2} = \Phi_2\,t\,f_d\,L = 0{,}90 \cdot 24{,}0cm \cdot 0{,}143\,{kN}/{cm^2} \cdot 120cm = 370{,}66\,kN$$

$$81{,}22\,kN \le 370{,}66\,kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

Sprawdzenie nośności filara F2 w przekroju środkowym

Obliczeniowy moment zginający M_m:

$$M_m = \frac{M_1 + M_2}{2} = 0kNm$$

Warunek smukłości ściany:

$$t_{eff} = \rho_t \cdot h = 1{,}0 \cdot 0{,}24 = 0{,}24\,cm$$

$${h_{eff}}/{t_{eff}} = {2{,}80}/{0{,}24} = 11{,}67 < 27$$

Mimośród działania obciążenia:

$$e_m = \frac{M_m}{N_m} + e_{init} + e_{he} = 0 + 0{,}62 + 0 = 0{,}62cm$$

Mimośród wskutek pełzania:

$\Phi_\infty = 0{,}5$ – końcowy współczynnik pełzania

$$e_k = 0{,}002 \cdot \Phi_\infty \cdot {h_{eff}}/{t_{eff}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m} = 0{,}002 \cdot 0{,}5 \cdot {280}/{24} \cdot \sqrt{24 \cdot 0{,}62} = 0{,}05cm$$

$$e_{mk} = e_k + e_m = 0{,}05 + 0{,}62 = 0{,}67cm < 0{,}05t = 0{,}05 \cdot 24{,}0 = 1{,}2cm, \text{ dlatego}$$

$$e_{mk} = 1{,}2cm$$

Współczynnik redukcyjny:

$$A_1 = 1 - 2\frac{e_{mk}}{t} = 1 - 2\frac{1{,}2}{24} = 0{,}90$$

$$u = \frac{\frac{h_{eff}}{t_{eff}} - 1{,}67}{19{,}3 - 31 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} = \frac{\frac{280}{24{,}0} - 1{,}67}{19{,}3 - 31 \cdot \frac{1{,}20}{36{,}5}} = 0{,}55$$

$$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} = 0{,}90 \cdot e^{-\left(\frac{0{,}55^2}{2}\right)} = 0{,}77$$

$$N_{Rdm} = \Phi_m\,t\,f_d\,L_d = 0{,}77 \cdot 24{,}0cm \cdot 0{,}143\,{kN}/{cm^2} \cdot 120 = 317{,}12\,kN$$

$$76{,}62\,kN \le 317{,}12kN$$

Ściana zapewnia wymaganą nośność.

7. Dane tabelaryczne

Tabela 7.1. Dane techniczne Ytong

Opis elementu	Szerokość [mm]	Dł. x wys. [mm]	Profilowanie	Liczba elementów na palecie [szt.]	Średnia wydajność z palety [m²]	Zużycie bloków [szt./m²]	Zużycie zaprawy [kg/m²]		Wytrzymałość na ściskanie [N/mm²]	Klasa gęstości [kg/m³]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	Opór cieplny R [m²K/W]	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]	Izolacyjność akustyczna [dB]		
														R_{A1} [1]	R_{A2} [1]	R_w [1]
Ytong Energo+ PP2/0,3	480	599 x 199	S+GT	24	2,88	8,33	6,4		2,0	300	0,0855	5,61	0,17	47[2]	45[2]	49[2]
	365			32	3,84		4,9					4,27	0,23	45[2]	42[2]	48[2]
Ytong Energo PP2/0,35	480	599 x 199	S+GT	24	2,88	8,33	6,4		2,0	350	0,095	5,05	0,19	48[2]	45[2]	49[2]
	400			32	3,84		5,3					4,21	0,23	47[2]	44[2]	48[2]
	365			32	3,84		4,9					3,84	0,25	47	43	48
	300			40	4,80		4,0					3,16	0,30	44	41	46
	240			48	5,76		3,2					2,53	0,37	42	38	43
Ytong Forte PP2,5/0,4	365	599 x 199	S+GT	32	3,84	8,33	4,9		2,5	400	0,11	3,32	0,29	48	44	50
	300			40	4,8		4,0					2,89	0,35	46	42	47
	240			48	5,76		3,2					2,18	0,43	43	40	45
Ytong PP3/0,5	400	599 x 199	S+GT	32	3,84	8,33	5,3		3,0	500	0,14	2,86	0,33	51	47	52
	365			32	3,84		4,9					2,61	0,36	50	46	51
	300			40	4,80		4,0					2,14	0,43	47	44	49
	240			48	5,76		3,2					1,71	0,53	45	42	47
	200		S	56	6,72		2,7					1,43	0,63	43	39	45
	175			64	7,68		2,3					1,25	0,70	41	38	43
	150			80	9,60		2,0					1,07	0,81	39	36	41
Ytong Interio PP3/0,5	115	599 x 399		52	12,48	4,17	0,8					0,82	1,01	37	35	39
Ytong PP4/0,5	240	599 x 199	S+GT	48	5,76	8,33	3,2		4,0	500	0,14	1,71	0,53	45	42	47
Ytong PP4/0,6	400	599 x 199	S+GT	32	3,84	8,33	5,3		4,0	600	0,16	2,50	0,37	53	49	54
	365			32	3,84		4,9					2,28	0,41	52	48	53
	365		GT	32	3,84		6,5					2,28	0,41	52	48	53
	300		S+GT	40	4,80		4,0					1,88	0,49	50	46	51
	240			48	5,76		3,2					1,50	0,60	47	44	49
	200		S	56	6,72		2,7					1,25	0,70	45	42	47
	175			64	7,68		2,3					1,09	0,79	44	40	45
	150			80	9,60		2,0					0,94	0,90	42	38	44
	115			104	12,48		2,0					0,72	1,13	40[4]	37[4]	41
Ytong PP5/0,6	240	599 x 199	S+GT	48	5,76	8,33	3,2		5,0	600	0,16	1,50	0,60	47	44	49
Ytong PP5/0,7	240	599 x 199	GT	48	5,76	8,33	4,2		5,0	700	0,20	1,20	0,73	52[3]	48[3]	53[3]

[1] Wartość dla ścian obustronnie otynkowanych tynkiem gipsowym 6 mm
[2] Wartość szacowania
[3] Wartość dla ściany obustronnie otynkowanej tynkiem cementowo-wapiennym 20 mm
[4] Ściana otynkowana obustronnie tynkiem gipsowym 10 mm

Tabela 7.2. Dane techniczne Ytong Panel

Opis elementu	Szerokość [mm]	Długość [mm]	Wysokość [mm]	Zużycie zaprawy [kg/m²]	Wytrzymałość na ściskanie [N/mm²]	Klasa gęstości [kg/m³]		Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	Opór cieplny R [m²K/W]	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]	Izolacyjność akustyczna [dB]		
											R_{A1} [1]	R_{A2} [1]	R_w [1]
Ytong Panel G4/600	75	598	2200–3000	0,58	4,0	600		0,16	0,47	1,37	32	32	34
	100			0,84					0,63	1,13	37	35	37

[1] Wartość dla ściany nieotynkowanej

Tabela 7.3. Dane techniczne płyt stropowych i dachowych Ytong

opis elementu	długość [mm]	grubość [mm]	szerokość [mm]	minimalna długość podparcia [mm]		wytrzymałość na ściskanie [N/mm²]	górna granica gęstości [kg/m³]	współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	opór cieplny R [m²K/W]	współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]	minimalna odporność ogniowa	izolacyjność akustyczna[4] $R'_{w,R}$ [dB]
płyty stropowe i dachowe Ytong	6000 (min. 1000; maks. 8000[1])	150	625 (min. 250; maks. 750)	70[2]		4,5	550	0,14	1,07	0,81	REI 30 – REI 120[3]	32 (34)
		200							1,43	0,63		36 (38)
		240							1,71	0,53		38 (40)
		250							1,79	0,51		39 (41)
		300							2,14	0,43		41 (43)

[1] maksymalna rozpiętość konstrukcyjna wynosi 7500 mm [2] dotyczy oparcia na murze; 50 mm w przypadku konstrukcji stalowej lub żelbetowej [3] w zależności od przyjętej grubości otuliny zbrojenia [4] wartość szacowana na podstawie DIN 4109; w nawiasach wartości z tynkiem

Tabela 7.4. Dane techniczne bloczków do remontów i renowacji

Opis elementu	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Długość [mm]	Profilowanie	Ilość bloczków na palecie [szt.]	Średnia wydajność z palety [m²]		Zużycie bloczków [szt./m²]	Wytrzymałość na ściskanie [N/mm²]	Klasa gęstości [kg/m³]	Współczynnik przewodzenia ciepła l [W/(mK)]	Opór cieplny R [(m²K)/W]	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m²K)]	Izolacyjność akustyczna		
														R_W [dB]	R_{A1} [dB]	R_{A2} [dB]
Ytong PP2/0,35	50	199	599	gładkie	240	28,8		8,33	2	350	0,095	0,53	1,43	30[1]	29[1]	29[1]
Ytong PP2,5/0,4	50	199	599	gładkie	240	28,8		8,33	2,5	400	0,11	0,45	1,61	31[1]	30[1]	30[1]
Ytong PP4/0,6	100	199	599	gładkie	120	14,4		8.33	4	600	0,16	0,63	1,25	39	38	35
	75				160	19,2						0,47	1,56	37	35	34
	50				240	28,8						0,31	2,08	34[1]	32[1]	32[1]

[1] Wartość szacowana

Tabela 7.5. Odporność ogniowa ścian z elementów Ytong Panel wg ETA 03/0007

Typ płyty	Grubość	Materiał wypełniający szczeliny dylatacyjne	
	[mm]	Ognioodporna poliuretanowa pianka montażowa	Wełna mineralna
Ytong Panel G4/600	75	EI 60	EI 120
	100	EI 120	EI 120

Tabela 7.6. Odporność ogniowa ścian nienośnych z bloczków Ytong wg PN-EN 1996-1-2 (kryterium EI)

Odporność ogniowa ścian z bloczków YTONG (ściany nienośne)						
Grubość bloczków [mm]	50	75	100	115	150; 175	200; 240; 300; 365; 400; 480
Odmiany PP2/0,35, PP2,5/0,4, PP3/0,5						
ściany nieotynkowane	EI 30	EI 60 - EI 120	EI 120 - EI 240	EI 120 - EI 240	EI 180 - EI 240	EI 240
ściany otynkowane				EI 180 - EI 240		
Odmiany PP4/0,5, PP5/0,6						
ściany nieotynkowane	EI 30	EI 60 - EI 120	EI 120 - EI 240		EI 180 - EI 240	EI 240
ściany otynkowane	EI 30 - EI 90	EI 90 - EI 120	EI 180 - EI 240			

Tabela 7.7. Odporność ogniowa ścian nośnych z bloczków Ytong wg PN-EN 1996-1-2 (kryterium REI)

Odporność ogniowa ścian z bloczków YTONG (ściany nośne)								
Grubość bloczków [mm]	50; 75	100	115	150	175	200	240	300; 365; 400; 480
Odmiany PP2/0,35, PP2,5/0,4, PP3/0,5								
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 0,6								
ściany nieotynkowane	-		REI 90 - REI 120	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240		
ściany otynkowane				REI 120 - REI 240				
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 1,0								
ściany nieotynkowane	-		REI 45 - REI 120	REI 60 - REI 240		REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240
ściany otynkowane			REI 60 - REI 120				REI 180 - REI 240	
Odmiany PP4/0,5, PP5/0,6								
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 0,6								
ściany nieotynkowane	-	REI 60 - REI 120		REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 240	
ściany otynkowane		REI 90 - REI 120		REI 180 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240		
Kryterium REI, poziom wykorzystania nośności α ≤ 1,0								
ściany nieotynkowane	-	REI 60 - REI 120	REI 45 - REI 120	REI 60 - REI 240	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240
ściany otynkowane		REI 60 - REI 240	REI 60 - REI 240	REI 90 - REI 240	REI 120 - REI 240	REI 180 - REI 240	REI 240	

Tabela 7.8. Izolacyjność termiczna ścian z bloczków Ytong po ociepleniu płytami Multipor

Warstwa konstrukcyjna ściany		Współ. przenikania ciepła (bez ocieplenia) U [W/(m²K)]	Grubość warstwy Multipor [cm]								
			5	6	8	10	12	14	16	18	20
			Współczynnik przenikania ciepła ścian z ociepleniem, U [W/(m²K)]								
Ytong Energo+ PP2/0,3	36,5 cm	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
	48,0 cm	0,17	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10
Ytong Energo PP2/0,35	24,0 cm	0,37	-	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
	30,0 cm	0,30	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
	36,5 cm	0,25	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12
	40,0 cm	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11
	48,0 cm	0,19	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10
Ytong Forte PP2,5/0,4	24,0 cm	0,43	-	-	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14
	30,0 cm	0,35	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
	36,5 cm	0,29	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
Ytong PP3/0,5 Ytong PP4/0,5	24,0 cm	0,53	-	-	-	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15
Ytong PP4/0,6 Ytong PP5/0,6	24,0 cm	0,60	-	-	-	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
Ytong PP5/0,7	24,0 cm	0,73	-	-	-	-	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17

Tabela 7.9. Parametry wytrzymałościowe ścian z bloczków Ytong

Typ bloczków	Wytrzy. bloczków na ściskanie f_b [N/mm²]	Chakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie[1] f_k [N/mm²]	Obliczeniowa wytrzy. muru na ściskanie[1] f_d [N/mm²]		Moduł sprężystości E [MPa]	Moduł Kirchoffa G [MPa]	Liczba Poissona v	Rozszerzalność termiczna α_t [10⁻⁶/K]	Ciepło właściwe [J/(kg·K)]
			Klasa A	Klasa B					
Ytong Energo+ PP2/0,3	2,0	1,08	0,64	0,54	649	260	0,25	8	1000
Ytong Energo PP2/0,35	2,0	1,08	0,64	0,54	649	260			
Ytong Forte PP2,5/0,4	2,5	1,63	0,96	0,82	981	392			
Ytong PP3/0,5	3,0	1,91	1,12	0,95	1145	458			
Ytong PP4/0,5 Ytong PP4/0,6	4,0	2,44	1,43	1,22	1462	585			
Ytong PP5/0,6 Ytong PP5/0,7	5,0	2,95	1,73	1,47	1767	707			

[1] Podane wartości dotyczą muru wznoszonego przy użyciu zaprawy do cienkich spoin Ytong-Silka.

Tabela 7.10. Dane techniczne zapraw

Nazwa	Zaprawa do cienkich spoin Ytong-Silka	Zaprawa do cienkich spoin Ytong-Silka zimowa
Wytrzymałość na ściskanie	M10 – 10 N/mm²	M10 – 10 N/mm²
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_{10,dry}$	⩽ 0,66 W/(mK)	⩽ 0,54 W/(mK)
Opór dyfuzyjny μ	15/35	5/20
Uziarnienie	0–1,2 mm	0–0,8 mm
Minimalna temperatura prowadzenia prac	5°C	-6°C
Minimalna temperatura podczas wiązania	Nie dotyczy	–12°C
Czas urabialności od momentu zmieszania z wodą	2–4 h	1,5 h
Zużycie wody	ok. 6,5 l/worek	ok. 6,3 l wody zmieszanej ze spirytusem technicznym w proporcji 9:1
Wydajność	13,3 kg/m³ – bez wypełniania spoin pionowych	13,3 kg/m³ – bez wypełniania spoin pionowych
	17,7 kg/m³ – z wypełnieniem spoin pionowych	17,7 kg/m³ – z wypełnieniem spoin pionowych
Reakcja na ogień	Klasa A1	Klasa A1
Opakowanie	Worek 25 kg	Worek 25 kg
Czas przechowywania	12 miesięcy	12 miesięcy
Normy produktowe	PN-EN 998-2:2012	PN-EN 998-2:2012

Tabela 7.11. Nośność nadproży zespolonych Ytong YF z warstwą nadmurowaną z bloczków Ytong[1]

Grubość nadproża [mm]	Długość nadproża [mm]	Maks. szerokość przekrywanego otworu [mm]	Dopuszczalne obciążenie charakterystyczne q_k [kN/m] w zależności od wysokości warstwy nadmurowanej h [mm] (z wypełnieniem spoin pionowych)			
			200	400	600	800
115	1300	900	12,9	17,2	17,1	17,0
	1500	1100	9,2	13,7	14,3	14,2
	1750	1250	6,9	11,0	12,4	12,3
	2000	1500	4,7	8,3	10,2	10,4
	2250	1750	3,3	6,4	8,2	9,0
	2500	2000	2,4	5,0	6,7	7,7
	2750	2250	1,7	4,0	5,5	6,5
	3000	2500	-	3,2	4,6	5,5
175	1300	900	19,6	26,3	26,1	26,0
	1500	1100	15,6	22,7	23,1	22,9
	1750	1250	10,5	16,8	18,9	18,7
	2000	1500	7,3	12,7	15,6	15,8
	2250	1750	5,2	9,8	12,6	13,7
	2500	2000	3,6	7,7	10,2	11,7
	2750	2250	2,6	6,1	8,4	9,9
	3000	2500	-	4,9	7,0	8,4

[1] Nośność nie uwzględnia występowania wieńca, który wpływa na jej znaczną poprawę.

Tabela 7.12. Nośność nadproży Ytong YN[1)]

Opis elementu	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]	Długość [mm]	Maks. szerokość przekrywanego otworu [mm]	Minimalna długość oparcia [mm]	Maksymalne obciążenie obliczeniowe [kN/m]
YN-130/20	200	249	1300	900	195	23
YN-150/20			1500	1100	195	21
YN-175/20			1750	1350	195	15
YN-200/20			2000	1500	245	13
YN-225/20			2250	1750	245	13
YN-130/24	240	249	1300	900	195	23
YN-150/24			1500	1100	195	22
YN-175/24			1750	1350	195	20
YN-200/24			2000	1500	245	17
YN-225/24			2250	1750	245	14
YN-130/30	300	249	1300	900	195	23
YN-150/30			1500	1100	195	22
YN-175/30			1750	1350	195	23
YN-200/30			2000	1500	245	20
YN-225/30			2250	1750	245	17
YN-130/36,5	365	249	1300	900	195	23
YN-150/36,5			1500	1100	195	22
YN-175/36,5			1750	1350	195	23
YN-200/36,5			2000	1500	245	23
YN-225/36,5			2250	1750	245	20

[1)] Nośność nie uwzględnia występowania wieńca, który wpływa na jej znaczną poprawę.

Notatki

Notatki

Xella Polska sp. z o.o.

infolinia 801 122 227
www.ytong-silka.pl
www.budowane.pl

Ytong , Silka i Multipor są zastrzeżonymi znakami handlowymi grupy Xella.

Marzec 2017