

PORADNIK

SYSTEM
ŚCIENNY
CZAMANINEK

z betonu lekkiego



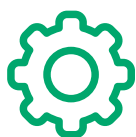
Jakość Rekomendowana przez Lafarge

Certyfikat, który otrzymują firmy spełniające najwyższe normy jakościowe Lafarge (potwierdzone w systematycznych badaniach) i dysponujące odpowiednim doświadczeniem oraz niezbędnym potencjałem technicznym. Masz więc pewność, że zawsze kupujesz produkty najwyższej jakości.



Produkty najwyższej jakości

Masz pewność, że kupujesz produkt, którego najwyższa jakość jest systematycznie weryfikowana przez ekspertów Lafarge na każdym etapie produkcji.



Badania techniczne

Dostajesz gwarancję, że każdy produkt tej firmy przeszedł profesjonalne badania techniczne.



Dopasowane rozwiązania

Wiesz, że oferowane przez certyfikowaną firmę produkty i rozwiązania mogą być indywidualnie dostosowywane do Twoich potrzeb.



Wiedza i wsparcie

Możesz wziąć udział w profesjonalnych szkoleniach z zakresu pielęgnacji betonu i korzystać z kompleksowego wsparcia merytorycznego.



Ekspertyza wykonawcza

W razie potrzeby możesz szybko uzyskać ekspertyzę wykonawczą i fachową pomoc przy ewentualnej reklamacji.

Spis treści

1.	Wprowadzenie / Kilka słów o ceramzycie	4
2.	Asortyment elementów murowych Czamaninek	6
3.	Izolacyjność termiczna ścian zewnętrznych	8
3.1.	Wstęp	8
3.2.	Obliczenia termiczne	8
4.	Obliczenia wytrzymałościowe	12
4.1.	Wstęp	12
4.2.	Parametry elementów muru	12
4.2.1.	Materiał elementu murowego	12
4.2.2.	Kategoria elementów murowych	12
4.2.3.	Grupa elementów murowych	12
4.2.4.	Zaprawa murarska	13
4.3.	Wytrzymałość muru	13
4.3.1.	Wytrzymałość muru na ściskanie	13
4.3.2.	Wytrzymałość muru na ścinanie	15
4.3.3.	Wytrzymałość muru na rozciąganie przy zginaniu	16
4.4.	Parametry efektywne (obliczeniowe) ścian	17
4.4.1.	Wysokość efektywna h_{ef}	17
4.4.1.1.	Wartości współczynnika ρ_n według normy [N1]	18
4.4.1.2.	Wartości współczynnika ρ_n według normy [N2]	18
4.4.2.	Szerokość efektywna t_{ef}	20
4.5.	Moduł sprężystości muru	21
4.6.	Wartości obliczeniowe oddziaływań zewnętrznych	22
4.7.	Wymiarowanie ścian niezbrojonych obciążonych głównie pionowo	23
4.7.1.	Metoda uproszczona podstawowa	23
4.7.2.	Metoda uproszczona wariant 1	28
4.7.3.	Metoda uproszczona wariant 2	30
4.7.4.	Mur obciążony siłą skupioną	34
 Obliczenia konstrukcyjne		
5.	Przykłady obliczeniowe	38
5.1.	Budynek mieszkalny jednorodzinny	38
5.1.1.	Zestawienie oddziaływań	39
5.1.2.	Przykład nr 1 – Obliczenia zewnętrznego filarka metodą uproszczoną podstawową	49
5.1.3.	Przykład nr 2 – Obliczenia wewnętrznego filarka metodą uproszczoną wariant 2	56
6.	Nadproża z betonu lekkiego	62
6.1.	Wstęp	62
6.2.	Rodzaje nadproży	62
6.3.	Obliczenia nadproży	64
6.4.	Dobór nadproża - przykład obliczeniowy	65
	Załączniki	68
	Literatura	69

1. Wprowadzenie

Poradnik do projektowania budynków z elementów murowych keramzytobetonowych (beton lekki) firmy Czamaninek jest przeznaczony dla projektantów konstrukcji oraz architektów. Przedstawione procedury obliczeniowe oraz wytyczne są w pełni zgodne z aktualnie obowiązującymi normami europejskimi. Deklarowane parametry elementów murowych typowych i uzupełniających zostały określone na podstawie badań i obliczeń.



Kilka słów o keramzycie

Keramzyt jest lekkim kruszywem budowlanym otrzymywanym przez wypalanie łatwo pęczniejących glin w piecach obrotowych w temperaturze 1200°C. To materiał obojętny chemicznie, bezwonny, posiada wysoką izolacyjność cieplną, odporność na czynniki chemiczne i atmosferyczne oraz grzyby, owady i gryzonie.

Jest materiałem pozbawionym związków palnych, mrozoodpornym, posiada małą nasiąkliwość i szybko oddaje wilgoć. Gama wyrobów z keramzytu jest bardzo szeroka. Wykonywane są z niego:

- pustaki ścienne
- pustaki stropowe
- nadproża
- bloczki fundamentowe
- pustaki wentylacyjne
- systemy kominowe
- keramzyt wysypyany luzem to bardzo dobra izolacja termiczna

Jeden z najlżejszych materiałów - wyroby z keramzytu są obecnie najlżejsze i „najcieplejsze” spośród produkowanych w Polsce materiałów konstrukcyjnych. Gęstość materiału, z którego wykonane są wyroby w zależności od wyrobu wynosi 600-1100 kg/m³ (1400 kg/m³ przy wyrobach akustycznych). Mury systemu są najczęściej dwukrotnie lżejsze niż mury z innych wyrobów (ceramiki i betonu). Jako czyste kruszywo o gęstości zaledwie (270 kg/m³) jest dobrym izolatorem cieplnym i akustycznym.

Bardzo wysoka odporność ogniowa - z wyrobów keramzytowych mogą być wykonywane nawet ściany przeciwpożarowe, obudowy kominów, kotłownie. Keramzyt jest materiałem ognioodpornym (klasa ognioodporności A). Do 1100°C jego właściwości pozostają niezmienione, ponieważ proces wypału keramzytu zachodzi w temperaturze ok. 1200°C.

Duża bezwładność cieplna - płynnie reguluje temperaturę wnętrza pomieszczenia. Niweluje to skutki szybkich zmian temperatur - np. zimą w przypadku spadku, a latem w przypadku wzrostu temperatury. Temperatura i wilgotność w pomieszczeniu nie podlegają takim wahaniom. Temperatura nie wpływa na zmianę właściwości kruszywa, ponieważ otwarta konstrukcja porów i ich stosunkowo duże rozmiary nie zmniejszają mrozoodporności.

Bardzo dobrą izolacyjność akustyczną ścian - gwarantuje dobre zabezpieczenie przed hałasem zewnętrznym.

Dobra przyczepność do zapraw budowlanych - można wykonywać różnorodne konstrukcje murowe, a sam proces murowania przebiega szybko i sprawnie.

Bardzo duża trwałość - w wyrobach naszego systemu keramzyt stanowi ok. 85% surowca. Pozostałe składniki to cement, pigment i sporadycznie piasek. Trwałość i skuteczność keramzytu jest bardzo duża i porównać ją można z ceramiką – np. klinkierem wysokiej klasy.

Beton lekki - materiał o wyjątkowych właściwościach

Produkty naszej firmy (z betonu lekkiego), dzięki zastosowaniu keramzytu osuszają się szybciej niż bloczki i pustaki o otwartych porach lub lite (cegła, beton komórkowy, inne produkty spieniane). Woda naniesiona na powierzchnię naszego pustaka przenika przez strukturę porów (przerwy między kulkami keramzytu) - jest to w 100% naturalny drenaż.

Nasiąkliwość materiałów budowlanych:

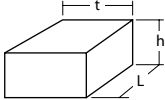
Materiał	Keramzyt	Cegła pełna	Silikat	Beton komórkowy	Cegła perforowana
Nasiąkliwość	0,20 - 0,24	2,0 - 4,0	4,0 - 5,0	4,0 - 8,0	10,0 - 25,0

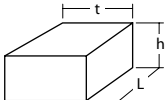
Nasiąkliwość badano po 12 godzinach w warunkach podwyższonej wilgotności powietrza. Wyrażono w kg / m².

2. Asortyment elementów murowych Czamaninek

Elementy murowe marki Czamaninek produkowane są z wibroprasowanego keramzytobetonu (betonu lekkiego) i ze względu na poziom kontroli produkcji należą do kategorii I. W Tabeli 2.1. zestawiono podstawowe parametry elementów murowych potrzebnych przy projektowaniu ścian.

Tabela 2.1. Parametry elementów murowych Czamaninek

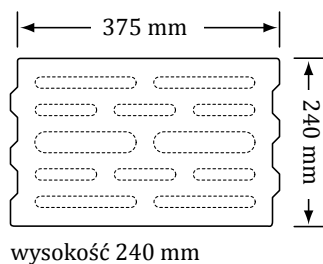
PRODUKTY PODSTAWOWE								
NAZWA WYROBU		PUSTAK AKU K5 37,5	PUSTAK AKU K5 50	PUSTAK AKU K3 18	PUSTAK 36,5 A 1,0	PUSTAK 36,5 M 0,8	BLOCZEK 18 AKUSTYCZNY	PUSTAK LIATOP START
Rodzaj parametru		1	2	3	4	5	6	7
Wymiary L/h/t	 [mm]	375	497	375	248	248	380	375
		240	240	240	240	240	240	240
		240	240	180	365	365	180	240
Masa	[kg]	16,5	19,7	15,0	19,5	15,5	28,5	26,5
Zużycie	[szt./m ²]	10,7	8,0	10,7	16,0	16,0	10,7	10,7
Klasa wytrzymałości f_b	[N/mm ²]	4,0	2,0	4,0	4,0	2,0	14,0	10,0
Grupa elementu murowego	[-]	1	1	1	1	1	1	1
Współczynnik przewodzenia ciepła λ	[W/m · K]	0,210	0,210	0,280	0,142	0,109	0,810	0,830
Opór cieplny ¹⁾ R	[m ² · K/W]	1,143	1,143	0,643	2,570	3,349	0,222	0,289
Współczynnik przenikania ciepła ¹⁾ U	[W/m ² · K]	0,762	0,762	1,230	0,365	0,284	1,848	2,178
Izolacyjność akustyczna ²⁾ $R_w(C;C_{tr})$	[dB]	48	48	51	47	47	58	-
		(-1; -3)	(-1; -3)	(-1; -4)	(-1; -3)	(-1; -3)	(-1; -5)	
Odporność ogniowa	[min.]	REI240	REI240	REI240	REI240	REI240	REI240	

ELEMENTY UZUPEŁNIAJĄCE							
NAZWA WYROBU		PODMURÓWKA			PUSTAKI UZUPEŁNIAJĄCE		
		AKU 37,5	AKU 25,0	AKU 12,5	PUSTAK AKU K5 25	PUSTAK AKU K5 12,5	PUSTAK TER- MO 12
Rodzaj parametru		1	2	3	4	5	6
Wymiary L/h/t	 [mm]	375	250	125	248	125	495
		120	120	120	240	240	238
		240	240	240	240	240	118
Masa	[kg]	12,6	8,4	4,2	16,5*	16,5*	10,0
Zużycie	[szt./m ²]	-	-	-	-	-	8,0
Klasa wytrzymałości f_b	[N/mm ²]	8,0	8,0	8,0	4,0	4,0	2,0
Grupa elementu murowego	[-]	1	1	1	1	1	2
Współczynnik przewodzenia ciepła λ	[W/m · K]	0,515	0,515	0,515	0,232	0,232	0,238
Opór cieplny ¹⁾ R	[m ² · K/W]	0,466	0,466	0,466	1,035	1,035	0,504
Współczynnik przenikania ciepła ¹⁾ U	[W/m ² · K]	1,572	1,572	1,572	0,762	0,762	1,48
Izolacyjność akustyczna ²⁾ $R_w(C;C_{tr})$	[dB]	-	-	-	48	48	47
					(-1; -3)	(-1; -3)	(-1; -5)
Odporność ogniowa	[min.]	REI240	REI240	REI240	REI240	REI240	EI180

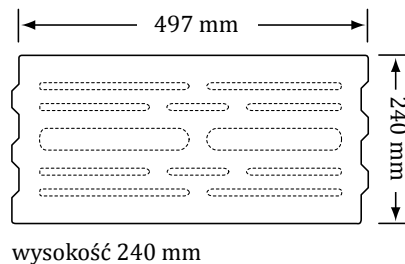
* Masa łączna pustaków AKU K5 25 + AKU K5 12,5.

Rys. 2.1. Elementy murowe marki Czamaninek -
komory pustaków widoczne są jedynie od spodniej strony elementu

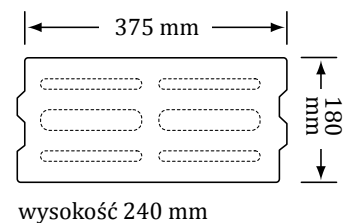
Pustak AKU K5 37,5



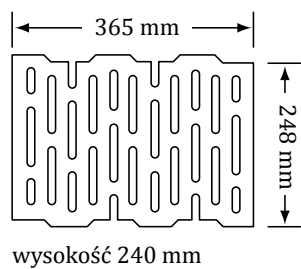
Pustak AKU K5 50



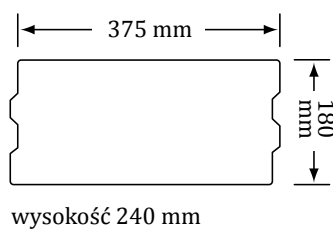
Pustak AKU K3 18



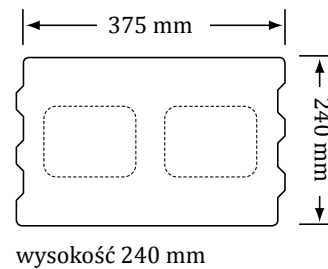
Pustak 36,5 M1,0/ M0,8



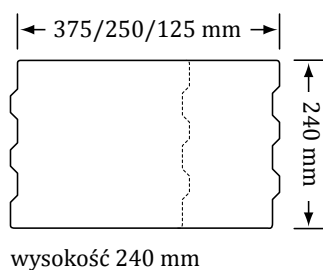
Błoczek 18
akustyczny



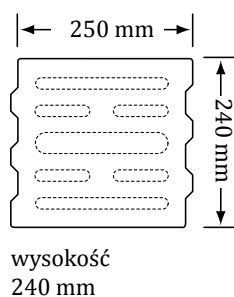
Pustak Liatop Start



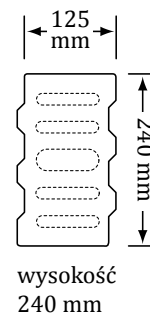
Podmurówka AKU
37,7 / 25,0 / 12,5



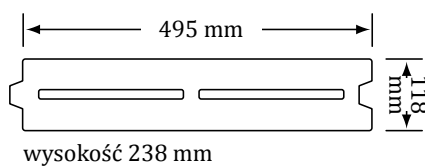
Pustak uzupełniający
AKU K5 25



Pustak uzupełniający
AKU K5 12,5



Pustak uzupełniający Termo 12



3. Izolacyjność termiczna ścian zewnętrznych

3.1. Wstęp

Współczynniki przewodzenia ciepła oraz opory cieplne i współczynniki przenikania ciepła dla elementów murowych Czamaninek zostały podane w punkcie 2. (Tabela 2.1). Przedstawione bloczki i pustaki są przeznaczone do wykonywania ścian wewnętrznych, zewnętrznych i fundamentowych w technologii tradycyjnej. Zalecane jest stosowanie dedykowanego kleju do cienkich spoin, który pozwala uzyskać najbardziej jednolite właściwości termiczne ściany.

3.2. Obliczenia termiczne

Obliczenia termiczne należy wykonywać zgodnie z normą *PN-EN ISO 6946:2017* przyjmując odpowiednie wartości współczynników przejmowania ciepła (Tabela 3.1) oraz grubości poszczególnych warstw i współczynniki przewodzenia ciepła poszczególnych komponentów. Wszystkie parametry ścian w systemie Czamaninek niezbędne do wykonania obliczeń termicznych dla przegrody zostały podane w punkcie 2 (Tabela 2.1). Opór cieplny każdej z warstw należy określać zgodnie z wyrażeniem:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$$

gdzie:

d - grubość warstwy materiału w przegrodzie

λ - współczynnik przewodzenia ciepła danej warstwy w przegrodzie $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

Całkowity opór cieplny ściany jest równy sumie oporów cieplnych wszystkich warstw przegrody oraz oporów przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej R_{si} i na powierzchni zewnętrznej R_{se} :

$$R = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

gdzie:

R_{si} - opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej zgodnie z Tabelą 3.1. $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$

R_{se} - opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej zgodnie z Tabelą 3.1. $\left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right]$

n - liczba warstw składających się na przegrodę

Tabela 3.1. Opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegród budowlanych

Opór przejmowania ciepła	Kierunek strumienia cieplnego		
	W górę	Poziomy	W dół
Na powierzchni wewnętrznej $R_{si} [(m^2 \cdot K) / W]$	0,10	0,13	0,17
Na powierzchni zewnętrznej $R_{se} [(m^2 \cdot K) / W]$	0,04		

Współczynnik przenikania ciepła przegrody wyznaczamy zgodnie z wyrażeniem:

$$U = \frac{1}{R} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

gdzie:

R - całkowity opór cieplny przegrody

W przypadku ściany może także zajść konieczność uwzględnienia poprawek z uwagi na nieszczelności w warstwie izolacji oraz na łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji termicznej:

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f$$

gdzie:

ΔU_g - poprawka na nieszczelności w warstwie izolacji

ΔU_f - poprawka na łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji

Poprawkę na nieszczelności można pominąć, gdy izolacja jest tak ułożona, że nie jest możliwa cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji oraz nie występują nieszczelności przechodzące przez jej warstwę.

W innym wypadku należy przyjąć poprawkę zgodnie z poniższą tabelą (Tabela 3.2):

Tabela 3.2. Opory przejmowania ciepła na powierzchniach przegród budowlanych

Poprawka na nieszczelności w warstwie izolacji $\Delta U_g [W/(m^2 \cdot K)]$	Opis nieszczelności
0,01	niemożliwa jest cyrkulacja powietrza po cieplejszej stronie izolacji termicznej ale nieszczelności mogą przechodzić przez całą jej warstwę
0,04	występuje ryzyko cyrkulacji powietrza po cieplejszej stronie izolacji termicznej, a nieszczelności mogą przechodzić przez całą jej warstwę

Poprawek na łączniki mechaniczne nie trzeba uwzględniać, kiedy współczynnik przewodzenia ciepła łącznika lub jego części jest mniejszy niż $1 W/(m \cdot K)$. W innym wypadku należy obliczyć wartość poprawki zgodnie z poniższym wzorem:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$$

gdzie:

α - dla łącznika między warstwami muru: $6 m^{-1}$

λ_f - współczynnik przewodzenia ciepła łącznika $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$

n_f - liczba łączników przypadających na jeden metr kwadratowy

A_f - pole przekroju poprzecznego łącznika $[m^2]$

Wyznaczona zgodnie z powyższymi wytycznymi wartość współczynnika przenikania ciepła ściany powinna spełniać aktualne wymagania Rozporządzenia [2]. Wartości maksymalne izolacyjności termicznej przegród budynków nowo projektowanych dla ścian wewnętrznych zgodne z obowiązującym Rozporządzeniem zostały przedstawione w poniższej tabeli (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Wymagania izolacyjności termicznej przegród budynków nowo projektowanych wg Rozporządzenia [2]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2 \cdot K)$] (wartości wymagane od 01.01.2021 r.)
Ściany zewnętrzne	
$t_i \geq 16^\circ C$	0,20
$8 \leq t_i < 16^\circ C$	0,45
$t_i < 8^\circ C$	0,90
Ściany wewnętrzne	
przy $\Delta t_i \geq 8^\circ C$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00
$\Delta t_i < 8^\circ C$	bez wymagań
oddzielające pom. ogrzewane od nieogrzewanych	0,30

Przykład obliczeniowy współczynnika przenikania ciepła dla ściany dwuwarstwowej wykonanej z pustaka keramzytobetonowego AKU K5 24, ocieplonej 20 cm styropianu oraz wykończonej od wewnątrz tynkiem gipsowym, a od zewnątrz tynkiem cienkowarstwowym przedstawiono poniżej (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Przykład obliczeń współczynnika przenikania ciepła U dla ściany dwuwarstwowej

Warstwa ściany	Grubość warstwy [cm]	Wsp. przewodzenia ciepła λ [$W/(m \cdot K)$]	Opór cieplny R [$(m^2 \cdot K)/W$]
R_{si}	-	-	0,130
Tynk cienkowarstwowy	0,50	0,700	0,007
Pustak AKU K5 24	24,00	0,210	1,143
Styropian grafitowy	20,00	0,031	6,452
Tynk gipsowy	1,50	0,400	0,038
R_{se}	-	-	0,040
Całkowity opór cieplny przegrody R			7,810
Współczynnik przenikania ciepła ściany U			0,128

Dla łatwiejszego doboru warstw ściany wykonanej w systemie Czamaninek w poniższej tabeli (Tabela 3.5) zestawiono współczynniki przenikania ciepła ściany dwuwarstwowej w zależności od grubości warstwy izolacji termicznej wykonanej ze styropianu EPS o współczynniku przewodzenia ciepła równym $0,031 W/(m \cdot K)$.

Założono wykończenie ściany od wewnątrz tynkiem cementowo-wapiennym, natomiast jako wykończenie zewnętrzne przyjęto tynk cienkowarstwowy.

Tabela 3.5. Wartość współczynnika przenikania ciepła U w zależności od rodzaju ściany i grubości izolacji termicznej (styropian o $\lambda = 0,031 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)

Rodzaj ściany	Grubość ściany nieocieplonej [cm]	Współczynnik U dla ściany z warstwą izolacji termicznej					
		5 cm	10 cm	12 cm	15 cm	18 cm	20 cm
Pustak AKU K5 24	24,0	0,342	0,220	0,193	0,163	0,140	0,129
Pustak AKU K3 18	18,0	0,412	0,248	0,214	0,177	0,151	0,138
Pustak 36,5 A 1,0	36,5	0,230	0,168	0,151	0,132	0,117	0,109
Pustak 36,5 M 0,8	36,5	0,195	0,148	0,135	0,120	0,107	0,100
Bloczek akustyczny 18	18,0	0,499	0,276	0,235	0,191	0,161	0,146
Pustak Liatop Start	24,0	0,483	0,271	0,231	0,189	0,160	0,145

4. Obliczenia wytrzymałościowe

4.1. Wstęp

W konstrukcjach zbudowanych przy użyciu elementów murowych marki Czamaninek należy kształtować oraz przeprowadzić wymiarowanie zgodnie z zasadami podanymi w normie PN-EN 1996 [N1].

4.2. Parametry elementów muru

Elementy murowe dzielą się ze względu na materiał z jakiego zostały wyprodukowane, ze względu na sposób kontroli produkcji przypisuje się odpowiednią kategorię oraz z uwagi na geometrię przypisuje się odpowiednią grupę elementu. Wytrzymałość gotowego muru będzie zależała od wszystkich wcześniej wspomnianych parametrów, a ponadto od znormalizowanej średniej wytrzymałości na ściskanie elementu murowego f_b oraz rodzaju i klasy użytej zaprawy murarskiej f_m – w przypadku zapraw innych niż do cienkich spoin.

4.2.1 Materiał elementu murowego

Norma [N1] wyróżnia następujące rodzaje materiałów, z których wykonuje się elementy murowe:

- elementy murowe ceramiczne,
- elementy murowe silikatowe,
- elementy murowe z betonu kruszywowego (żwirowego i kruszyw lekkich),
- elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego,
- elementy murowe z kamienia sztucznego, elementy murowe z kamienia naturalnego

4.2.2 Kategoria elementów murowych

Z uwagi na poziom kontroli produkcji elementów murowych wyróżniamy dwie kategorie – kategorię I oraz kategorię II. Do kategorii I należą elementy murowe, dla których deklarowana przez producenta wytrzymałość na ściskanie określona jest z prawdopodobieństwem 5% możliwości wystąpienia wytrzymałości mniejszej w odniesieniu do wytrzymałości charakterystycznej lub średniej. Do kategorii II należą elementy murowe nie spełniające wymagań określonych dla kategorii I.

4.2.3 Grupa elementów murowych

W celu określenia grupy elementów murowych marki Czamaninek można posługiwać się Tabelą 4.1, w której zawarte są odpowiednie dane dla elementów z betonu kruszywowego.

Tabela 4.1. Wymagania dotyczące geometrii betonowych elementów murowych dla poszczególnych grup wg normy [N1]

CECHA	Materiał i ograniczenia dla elementów murowych						
	Grupa 1	Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4	
			Drażnienia pionowe				Drażnienia poziome
Objętość wszystkich otworów (% objętości brutto)	≤ 25	> 25 ; ≤ 60		> 25 ; ≤ 70		> 25 ; ≤ 50	
Objętość jednego otworu (% objętości brutto)	≤ 12,5	każdy z otworów ≤ 30, otwory chwytowe łącznie do 30		każdy z otworów ≤ 30, otwory chwytowe łącznie do 30		każdy z otworów ≤ 25	
Deklarowana grubość ścianki wewnętrznej i zewnętrznej [mm]	nie ma wymagań	wewnętrzna	zewnętrzna	wewnętrzna	zewnętrzna	wewnętrzna	zewnętrzna
		≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Deklarowana grubość zastępcza ^{a)} ścianek (% szerokości brutto)	nie ma wymagań	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

a) Grubość zastępcza jest sumą grubości ścianek wewnętrznych i zewnętrznych mierzonych poziomo w danym kierunku. Ustalana jest na podstawie badań typu i wymaga powtórnego określenia w przypadku wystąpienia istotnej zmiany wymiarów elementu murowego. W przypadku otworów stożkowych lub komorowych przyjmuje się średnią grubość ścianek wewnętrznych i zewnętrznych.

4.2.4 Zaprawa murarska

Zaprawy murarskie określamy jako zwykłe, do spoin cienkich oraz zaprawy lekkie. Do łączenia elementów murowych marki Czamaninek z betonu keramzytowego istnieje możliwość stosowania dowolnej zaprawy, jednak zalecane jest stosowanie zaprawy do cienkich spoin dedykowanej do produktów firmy Czamaninek. Zaprawy zwykłe w murach z elementów keramzytobetonowych powodują pogorszenie właściwości cieplnych ściany. Zaprawy klasyfikuje się oraz oznacza w zależności od ich wytrzymałości na ściskanie wyrażonej w N/mm^2 poprzedzonej literą M , na przykład $M10$ ($f_m=10,0 N/mm^2$).

W zależności od sposobu ustalenia składu zaprawy wyróżniamy zaprawy projektowane lub przepisane, a ponadto odpowiednio do sposobu przygotowania zaprawy dzielimy na przygotowane fabrycznie (wstępnie dozowane lub wstępnie mieszane), półgotowe przygotowane fabrycznie oraz przygotowane na miejscu budowy.

W Tabeli 4.2. podano przykładową recepturę na zaprawę lekką keramzytową klasy M4, którą należy zaklasyfikować jako zaprawę przepisaną. Gęstość zaprawy to $910 kg/m^3$, a współczynnik przewodzenia ciepła wynosi: $\lambda=0,23 W/(m \cdot K)$.

Tabela 4.2. Receptura lekkiej zaprawy murarskiej KZ/M4 (na $100 dm^3$ zaprawy)

	Wagowo	Objętościowo (1 : 2 : 6)
cement 32,5	17 kg	1
wapno hydratyzowane	13 kg	2
keramzyt frakcji 0-2 mm	61 kg	6
woda	ok. $26 dm^3$	
dodatek napowietrzający	$0,12 dm^3$	

Grubość zapraw zwykłych oraz lekkich powinna mieścić się w przedziale 6–15 mm lub jeżeli zaprawy zostały specjalnie opracowane do danego zastosowania dopuszcza się grubości 3–6 mm.

4.3. Wytrzymałość muru

4.3.1 Wytrzymałość muru na ściskanie

Wytrzymałość charakterystyczną muru na ściskanie wykonanego z elementów murowych marki Czamaninek wyznaczyć można z wzorów:

- dla murów wykonanych z użyciem zapraw zwykłych lub lekkich

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad (1)$$

- dla murów wykonanych na cienkie spoiny

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} \quad (2)$$

gdzie:

- f_k - charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie;
- f_b - znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego;
- f_m - wytrzymałość zaprawy murarskiej na ściskanie;
- K - wartość stała zgodnie z Tabelą 4.3.

W przypadku używania zapraw zwykłych podstawiana do wzoru wytrzymałość na ściskanie f_m dla elementów murowych grupy 1 nie powinna być większa niż $20 N/mm^2$ oraz $2 \cdot f_b$, a dla elementów murowych grup 2, 3 i 4 nie większa niż $20 N/mm^2$ oraz f_b . W przypadkach pozostałych wytrzymałość zaprawy na ściskanie nie powinna przekraczać $10 N/mm^2$.

Tabela 4.3. Wartości współczynnika K wg normy [N1]

Element murowy		Rodzaj zaprawy murarskiej		
Materiał	Grupa	Zaprawa zwykła	Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
Beton kruszywowy	1	0,40	0,45	*
	2	0,35	*	*
	3	0,30	*	*
	4	0,25	*	*

*) W praktyce zwykle nie jest stosowane takie połączenie elementu murowego i zaprawy.

Wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \eta_A} \quad (3)$$

gdzie:

f_d - obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie;

f_k - charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie;

γ_M - częściowy współczynnik bezpieczeństwa wg Tabeli 4.4;

η_A - współczynnik wg Tabeli 4.5.

Tabela 4.4. Wartości współczynnika K wg normy [N1]

Materiał			γ_M	
			Klasa	
			A	B
A	Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa projektowana	Ściany grubości $t > 150 \text{ mm}$ f	1,7	2,0
B	Mury wykonane z elementów murowych kategorii I, zaprawa przepisana		2,0	2,2
C	Mury wykonane z elementów murowych kategorii II, dowolna zaprawa a, b, e		2,2	2,5
D	Zakotwienie prętów stali zbrojeniowej		2,0	2,2
E	Stal zbrojeniowa i sprężająca		1,15	
F	Wyroby dodatkowe c, d zgodne z PN-EN 845-1 i PN-EN 845-3		2,0	2,2
G	Nadproża	prefabrykowane zgodne z PN-EN 845-2	1,7	
		wykonywane na budowie	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) Wartość deklarowana jest wartością średnią.

d) Przyjmuję się, że współczynnik γ_M odnosi się również do warstw izolacji przeciwwilgociowej.

e) Gdy współczynnik zmienności dla kategorii II elementów murowych jest nie większy niż 25 %.

f) Dla ścian grubości $150 \text{ mm} \geq t \geq 100 \text{ mm}$: wykonanych z elementów murowych kategorii I oraz zaprawy projektowanej, pod nadzorem odpowiadającym klasie A wykonania robót - $\gamma_M=2,5$; w pozostałych przypadkach - $\gamma_M=2,7$.

Dla wyjątkowych sytuacji obliczeniowych, niezależnie od kategorii elementów murowych i kategorii wykonania robót, można przyjąć:

- dla muru $\gamma_M = 1,3$;
- dla zakotwień stali zbrojeniowej $\gamma_M = 1,15$;
- dla stali zbrojeniowej $\gamma_M = 1,0$.

Tabela 4.5. Wartości współczynnika η_A wg normy [N1]

Pole przekroju poprzecznego muru [m ²]	0,04	0,10	0,20	≥ 0,30
η_A	2,00	1,37	1,25	1,00

UWAGA:

Dla wartości pośrednich pola przekroju muru, wartości η_A można interpolować liniowo.

Zastosowanie współczynnika η_A zastępuje wymaganie podane wzorem 6.3 wg normy 1996-1-1 [N1]

4.3.2. Wytrzymałość muru na ścinanie

W niniejszym poradniku omawia się sposób wyliczania wytrzymałości muru na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych.

Dla murów niezbrojonych ze spoinami pionowymi, które zgodnie z normą [N1] można uznać za wypełnione wytrzymałość charakterystyczną muru na ścinanie przyjmujemy jako najmniejszą z wartości:

$$f_{vk} = \min \begin{cases} f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d \\ \max(0,065 \cdot f_b; f_{vko}) \\ f_{vlt} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie:

f_{vk} - charakterystyczna wytrzymałość muru na ścinanie;

f_{vko} - charakterystyczna wytrzymałość muru na ścinanie przy zerowych naprężeniach ściskających wg Tabeli 4.6;

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 na ściskanie elementu murowego;

f_{vlt} - ograniczenie wartości f_{vk} wg Tablicy 4.6.

Tabela 4.6. Wartości f_{vko} oraz f_{vlt} wg normy [N1] – wartości w MPa

Materiał elementu murowego	f_{vko}				$f_{vlt*})$		
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka	Grupa elementu murowego		
	f_m	f_{vko}			1	2	3 i 4
Beton kruszywowy	15; 20	0,20	nie stosuje się		ograniczenia jak pod wzorem (4)		ograniczenia jak pod wzorem (4)

*) W załączniku krajowym do normy [N1] nie występuje oznaczenie f_{vlt} a jedynie „ograniczenie wartości f_{vk} ” w celu poprawy czytelności wzorów zastosowano jednak oznaczenie jak w oryginalnym EC6.

Uwaga: W przypadku elementów murowych z betonu kruszywowego oraz zaprawy do cienkich spoin lub lekkiej wyrażenie (4) upraszcza się do:

$$f_{vk} = 0,065 \cdot f_b \quad (5)$$

Dla murów niezbrojonych bez spoin pionowych wytrzymałość charakterystyczną muru na ścinanie przyjmujemy jako najmniejszą z wartości:

$$f_{vk} = \min \begin{cases} 0,5 \cdot f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d \\ \max(0,045 \cdot f_b; f_{vko}) \\ 0,7 \cdot f_{vlt} \end{cases} \quad (6)$$

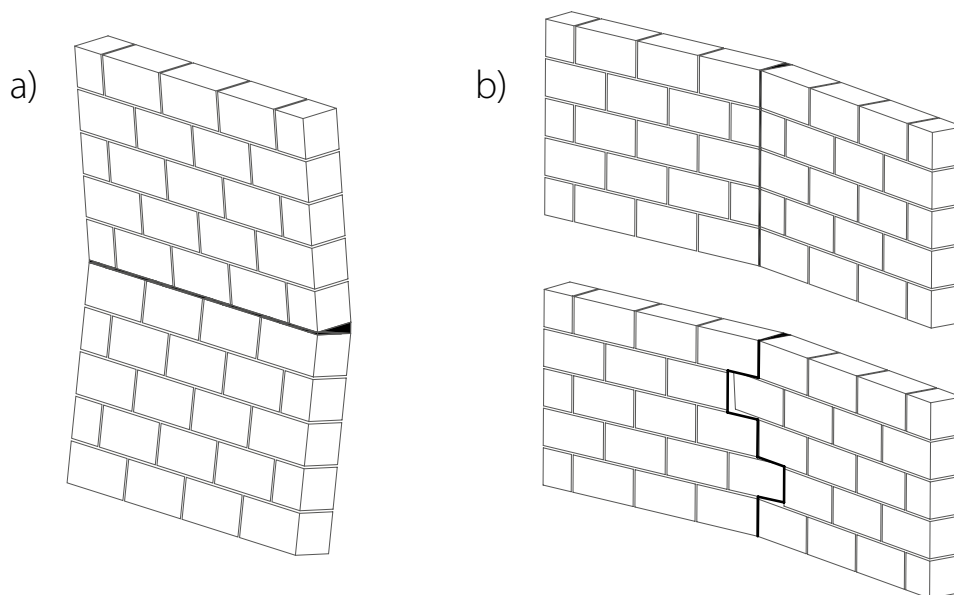
Uwaga: W przypadku elementów murowych z betonu kruszywowego oraz zaprawy do cienkich spoin lub lekkiej wyrażenie (6) upraszcza się do:

$$f_{vk} = 0,045 \cdot f_b \quad (7)$$

4.3.3. Wytrzymałość muru na rozciąganie przy zginaniu

Do rozciągania muru przy zginaniu dochodzi, gdy mur jest obciążony prostopadle do jego powierzchni. Wówczas powstawać mogą momenty zginające w dwóch płaszczyznach:

- w płaszczyźnie równoległej do spoin muru a wytrzymałość oznaczamy jako f_{x1} ,
- w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych z wytrzymałością oznaczaną jako f_{x2} .



Rys. 4.1. Schematy zniszczenia muru od obciążeń prostopadłych:
a) w płaszczyźnie równoległej do spoin muru b) w płaszczyźnie prostopadłej do spoin wspornych

Norma [N1] stwierdza, że wytrzymałość charakterystyczną muru na rozciąganie przy zginaniu należy określać na podstawie wyników badań elementów próbnych. Wyniki badań można uzyskać z badań przeprowadzonych dla określonego przedsięwzięcia lub z bazy danych.

W załączniku krajowym do normy [N1] podano tablicę z wartościami wytrzymałości muru na rozciąganie przy zginaniu f_{x1} oraz f_{x2} które można przyjmować do obliczeń, gdy wyniki badań nie są dostępne.

Tabela 4.7. Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia równoległej do spoin wspornych, f_{x1} wg normy [N1] – wartości w MPa

Materiał elementu murowego	Rodzaj zaprawy			
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
	$f_m < 5 \text{ MPa}$	$f_m \geq 5 \text{ MPa}$		
Beton kruszywowy	0,05	0,10	nie stosuje się	nie stosuje się

Tabela 4.8. Wytrzymałość charakterystyczna muru na zginanie w płaszczyźnie zniszczenia prostopadłej do spoin wspornych, f_{x2} wg normy [N1] – wartości w MPa

Materiał elementu murowego	Rodzaj zaprawy			
	Zaprawa zwykła		Zaprawa do cienkich spoin	Zaprawa lekka
	$f_m < 5 \text{ MPa}$	$f_m \geq 5 \text{ MPa}$		
Beton kruszywowy	0,20	0,40	nie stosuje się	nie stosuje się

*) W przypadku pionowych spoin niewypełnionych zaprawą $f_{x2}=0,025 \cdot f_b$.

Podane wartości wytrzymałości dla zapraw do cienkich spoin oraz zapraw lekkich mogą być stosowane, gdy używa się zaprawy klasy M5 lub wyższej. Wartość f_{x2} nie może być większa niż wytrzymałość na zginanie elementów murowych.

4.4. Parametry efektywne (obliczeniowe) ścian

4.4.1 Wysokość efektywna h_{ef}

Wysokość efektywną ściany należy określać, biorąc pod uwagę względną sztywność elementów konstrukcji połączonych z obliczaną ścianą oraz skuteczność połączenia. Ściana może być usztywniona przez stropy, dachy, odpowiednio usytuowane ściany poprzeczne lub inne podobnie sztywne elementy konstrukcyjne, z którymi obliczana ściana jest połączona. Szczegółowe wytyczne określające przydatność konstrukcji jako usztywnienie dla ścian podano w punkcie 5.5.1.2 normy [N1].

Wysokość efektywną ściany należy przyjmować równą:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h \quad (8)$$

gdzie:

- h - wysokość muru w świetle stropów;
- h_{ef} - efektywna wysokość muru;
- ρ_n - współczynnik redukcyjny, przy $n=2, 3$ lub 4 w zależności od utwierdzenia krawędzi lub usztywnienia ściany.

4.4.1.1 Wartości współczynnika ρ_n według normy [N1]

- a. 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

$$\rho_2 = 1,0$$

- b. 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 :

$$\rho_2 = 1,0$$

- c. Dla ścian utwierdzonych na górnej i dolnej krawędzi, i usztywnionych na jednej pionowej krawędzi (z jedną krawędzią swobodną):

- gdy $h \leq 3,5 \cdot l$

$$\rho_3 = \frac{\rho_2}{1 + \left(\frac{\rho_2 \cdot h}{3 \cdot l}\right)^2} \quad (9)$$

gdzie: ρ_2 - jak w podpunkcie a) lub b) w zależności co jest bardziej właściwe

- gdy $h > 3,5 \cdot l$

$$\rho_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} \geq 0,3 \quad (10)$$

gdzie: l - długość ściany

- d. Dla ścian utwierdzonych na górnej i dolnej krawędzi i usztywnionych na obu pionowych krawędziach:

- gdy $h \leq 3,5 \cdot l$

$$\rho_4 = \frac{\rho_2}{1 + \left(\frac{\rho_2 \cdot h}{l}\right)^2} \quad (11)$$

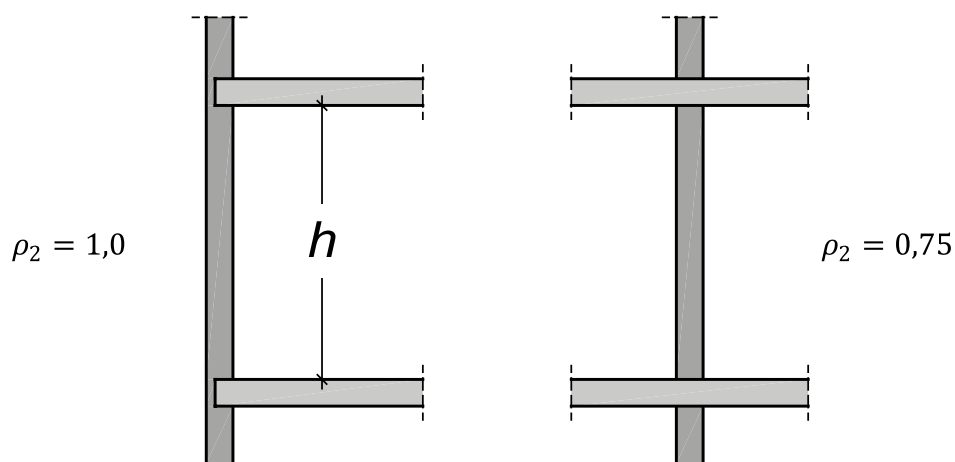
- gdy $h > 3,5 \cdot l$

$$\rho_4 = \frac{0,5 \cdot l}{h} \quad (12)$$

4.4.1.2 Wartości współczynnika ρ_n według normy [N2]

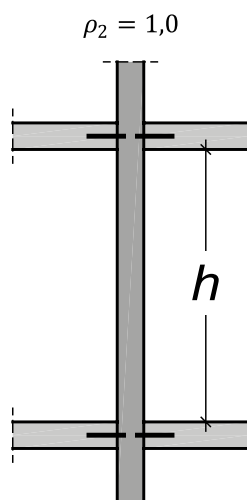
- a. Dla ścian zamocowanych u góry i u dołu, kiedy stropy lub dachy zbrojone lub sprężone oparte są na ścianie za pośrednictwem wieńca żelbetowego na co najmniej $2/3$ grubości ściany i nie mniej niż 85 mm :

- $\rho_2 = 1,0$ - dla ściany stanowiącej skrajną podporę stropu,
- $\rho_2 = 0,75$ - dla pozostałych ścian.



Rys. 4.2. Zamocowanie ścian przez stropy lub dach z uwagi na obrót

- b. Dla ścian zamocowanych u góry i u dołu z uwagi na przesuw (np. przez wieńce o odpowiedniej sztywności lub stropy drewniane) i brak zamocowania z uwagi na obrót:



Rys. 4.3. Brak zamocowania ścian przez stropy lub dach z uwagi na obrót

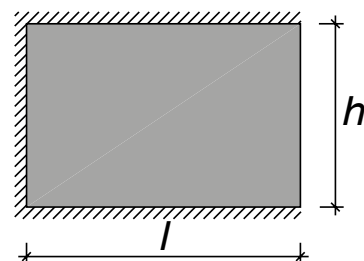
- c. Dla ścian zamocowanych u góry i u dołu z uwagi na przesuw oraz wzdłuż jednej krawędzi pionowej:

- dla ściany nie stanowiącej skrajnej podpory stropu przy jej zamocowaniu u góry i u dołu z uwagi na obrót jak w a):

$$\rho_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} \leq 0,75 \quad (13)$$

- dla wszystkich pozostałych przypadków w a) oraz b):

$$\rho_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} \leq 1,0 \quad (14)$$



Rys. 4.4. Ściana zamocowana u góry i u dołu z uwagi na przesuw oraz wzdłuż jednej krawędzi pionowej

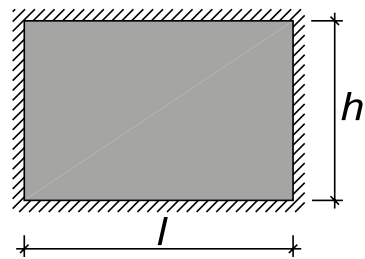
d. Dla ścian zamocowanych u góry i u dołu z uwagi na przesuw oraz wzdłuż obu krawędzi pionowych:

- dla ściany nie stanowiącej skrajnej podpory stropu przy jej zamocowaniu u góry i u dołu z uwagi na obrót jak w a);

$$\rho_4 = \frac{l}{2 \cdot h} \leq 0,75 \qquad (15)$$

- we wszystkich pozostałych przypadkach w a) oraz w b):

$$\rho_4 = \frac{l}{2 \cdot h} \leq 1,0 \qquad (16)$$



Rys. 4.5. Ściana zamocowana u góry i u dołu z uwagi na przesuw oraz wzdłuż obu krawędzi pionowych

4.4.2 Szerokość efektywna t_{ef}

W przypadku ściany jednowarstwowej, dwuwarstwowej, licowej, ściany ze spoinami pasmowymi i ściany szczelinowej, należy przyjmować rzeczywistą grubość ściany t .

Grubość efektywną ściany usztywnionej pilastrami określa się z wzoru

$$t_{ef} = \rho_t \cdot t \qquad (17)$$

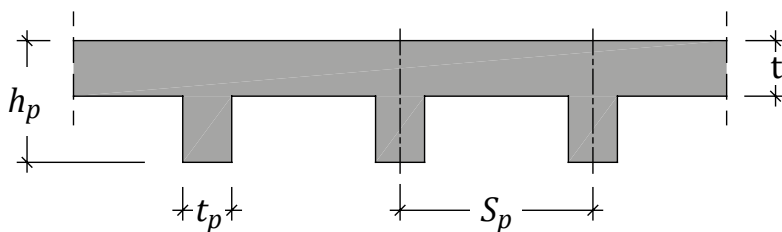
gdzie:

- t_{ef} - grubość efektywna ściany;
- ρ_t - współczynnik przyjmowany wg Tabeli 4.9;
- t - rzeczywista grubość ściany.

Tabela 4.9. Wartości współczynnika ρ_t dla ściany usztywnionej pilastrami

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

UWAGA: Dopuszcza się interpolację liniową pomiędzy podanymi wartościami.



- t - grubość ściany
- t_p - szerokość pilastra
- h_p - wysokość pilastra
- S_p - rozstaw pilastrów

Rys. 4.6. Schemat ściany z pilastrami

Dla ściany szczelinowej, w której obie warstwy są ze sobą połączone kotwami w liczbie $n_{min}=4$ na m^2 ściany:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} \cdot t_1^3 + t_2^3} \quad (18)$$

gdzie:

- t_1, t_2 - rzeczywiste lub efektywne grubości warstw, gdzie t_1 jest grubością warstwy zewnętrznej lub nieobciążonej, a t_2 jest grubością warstwy wewnętrznej lub obciążonej;
- k_{tef} - współczynnik wyrażający relację pomiędzy modułem sprężystości obu warstw $E_1/E_2 \leq 2$;

UWAGA!

We wzorze na szerokość efektywną ściany szczelinowej w normie [2] nie występuje współczynnik k_{tef} jednak wprowadzono tam ograniczenie, aby moduł sprężystości warstwy nienośnej był równy co najmniej 90% modułu warstwy nośnej.

4.5. Moduł sprężystości muru

Doraźny sieczny moduł sprężystości muru w przypadku braku wyników badań zgodnie z PN-EN 1052-1 [N3] można przyjąć:

$$E = K_E \cdot f_k \quad (19)$$

Współczynnik K_E wg polskiego załącznika do normy [N1] przyjmujemy:

- dla murów wykonanych na zaprawie $f_m \geq 5MPa$, z wyjątkiem murów z autoklawizowanego betonu komórkowego $K_E=1000$;
- dla murów z autoklawizowanego betonu komórkowego, niezależnie od rodzaju zaprawy, a także dla murów z innego rodzaju elementów murowych na zaprawie $f_m < 5MPa$ $K_E=600$.

Wartość długotrwałego modułu sprężystości przyjmować należy wartość doraźnego, siecznego modułu sprężystości, zredukowaną z uwagi na efekt pełzania:

$$E_{longterm} = \frac{E}{1 + \varphi_{\infty}} \quad (20)$$

gdzie:

φ_{∞} - końcowy współczynnik pełzania.

4.6. Wartości obliczeniowe oddziaływań zewnętrznych

W trakcie sprawdzania stanów granicznych nośności ULS należy posługiwać się obliczeniowymi kombinacjami dla oddziaływań zewnętrznych wg wzorów 6.10a oraz 6.10b wg normy PN-EN 1990 [N4] przyjmując do dalszych obliczeń wartość mniej korzystną.

$$N_{Ed} = \max \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (21)$$

gdzie:

- N_{Ed} - wartość obliczeniowa efektów oddziaływań;
- G_k - wartość charakterystyczna oddziaływania stałego;
- Q_k - wartość charakterystyczna oddziaływania zmiennego;
- γ_G - współczynnik częściowy dla oddziaływań stałych równy 1,35;
- γ_Q - współczynnik częściowy dla oddziaływań zmiennych równy 1,50;
- $\psi_{(0,i)}$ - współczynniki kombinacyjne oddziaływań zmiennych wg Tabeli 3.10;
- ξ - współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych równy 0,85
(tak aby $\xi \cdot \gamma_{(G_j, sup)} = 0,85 \cdot 1,35 = 1,15$).

Tabela 4.10. Zalecane wartości współczynników ψ dla budynków wg normy PN-EN 1990 [N4]

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenia zmienne w budynkach, kategoria (patrz EN 1991-1-1)			
KATEGORIA A: powierzchnie mieszkalne	0,7	0,5	0,3
KATEGORIA B: powierzchnie biurowe	0,7	0,5	0,3
KATEGORIA C: miejsca zebrań	0,7	0,7	0,6
KATEGORIA D: powierzchnie handlowe	0,7	0,7	0,6
KATEGORIA E: powierzchnie magazynowe	1,0	0,9	0,8
KATEGORIA F: powierzchnie ruchu pojazdów			
pojazdy $\leq 30 \text{ kN}$	0,7	0,7	0,6
KATEGORIA G: powierzchnie ruchu pojazdów			
$30 \text{ kN} < \text{ciężar pojazdu} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
KATEGORIA H: dachy	0	0	0
Obciążenia budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3*)			
Finlandia, Islandia, Norwegia, Szwecja	0,7	0,5	0,2
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H > 1000 \text{ m}$ ponad poziomem morza	0,7	0,5	0,2
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H \leq 1000 \text{ m}$ ponad poziomem morza	0,5	0,2	0,2
Obciążenie wiatrem (patrz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

UWAGA: wartości ψ mogą być określone w załączniku krajowym.

*) Dotyczy krajów nie wymienionych poniżej – patrz międzynarodowe warunki miejscowe.

4.7. Wymiarowanie ścian niezbrojonych obciążonych głównie pionowo

4.7.1. Metoda uproszczona podstawowa

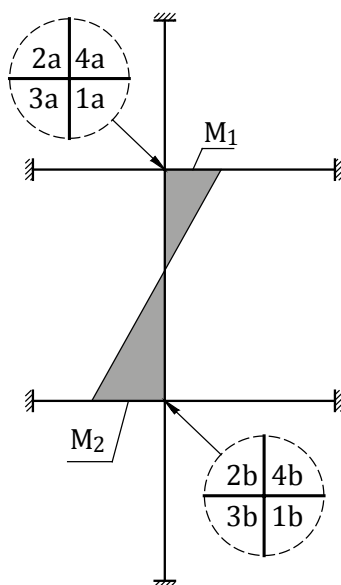
Algorytm projektowania ścian obciążonych głównie pionowo
wg metody uproszczonej podstawowej [1]

1.	Dane wstępne: • rodzaj wykorzystanych materiałów (błoczek/pustak, zaprawa); • szerokość analizowanego pasma muru b; • wysokość muru w świetle stropów h; • rozpiętość stropu w świetle ścian l_f; • pionowe obciążenie obliczeniowe w rozważanym przekroju ściany N_{Ed} • obciążenie obliczeniowe wiatrem na jednostkę powierzchni ściany q_{Ewd}.
2.	Określenie efektywnej wysokości ściany wg punktu 4.4.1. $h_{ef} = \rho_n \cdot h \quad (8)$
3.	Określenie efektywnej grubości ściany t_{ef} wg punktu 4.4.2.
4.	Sprawdzenie warunku smukłości $\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 27 \quad (22)$
5.	Wyznaczenie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie wg punktu 4.3.1 • dla murów wykonanych z użyciem zapraw zwykłych lub lekkich $f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad (1)$ • dla murów wykonanych na cienkie spoiny $f_k = K \cdot f_b^{0,85} \quad (2)$
6.	Określenie modułu sprężystości muru E wg punktu 4.5. $E = K_E \cdot f_k \quad (19)$
7.	Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie wg punktu 4.3.1 $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \eta_A} \quad (3)$
8.	Wyznaczenie za pomocą zasad mechaniki budowli momentów bezwładności stropów i ścian.

9a.

Wyznaczenie momentów w przekrojach pod i nad stropem:

W przypadku stropów opartych na znacznej części przekroju ściany ($e_i \leq 0,45 \cdot t$) z wyłączeniem stropów drewnianych



Rys. 4.7. Uproszczony model ramy

węzeł nr 1:

$$k_{m,1} = \frac{n_3 \cdot \frac{E_{3a} \cdot I_{3a}}{l_{3a}} + n_4 \cdot \frac{E_{4a} \cdot I_{4a}}{l_{4a}}}{n_1 \cdot \frac{E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}} + n_2 \cdot \frac{E_{2a} \cdot I_{2a}}{h_{2a}}} \leq 2 \quad (23)$$

współczynnik podatności węzła nr 1 $\eta_1 = 1 - \frac{k_{m,1}}{4} \quad (24)$

węzeł nr 2:

$$k_{m,2} = \frac{n_3 \cdot \frac{E_{3b} \cdot I_{3b}}{l_{3b}} + n_4 \cdot \frac{E_{4b} \cdot I_{4b}}{l_{4b}}}{n_1 \cdot \frac{E_{1b} \cdot I_{1b}}{h_{1b}} + n_2 \cdot \frac{E_{2b} \cdot I_{2b}}{h_{2b}}} \leq 2 \quad (25)$$

współczynnik podatności węzła nr 2 $\eta_2 = 1 - \frac{k_{m,2}}{4} \quad (26)$

9a.

Moment w przekroju pod stropem górnej kondygnacji (pod węzłem nr 1):

$$M_{1d} = \frac{\frac{n_1 \cdot E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}}}{\frac{n_1 \cdot E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}} + \frac{n_2 \cdot E_{2a} \cdot I_{2a}}{h_{2a}} + \frac{n_3 \cdot E_{3a} \cdot I_{3a}}{l_{3a}} + \frac{n_4 \cdot E_{4a} \cdot I_{4a}}{l_{4a}}} \cdot \left[\frac{w_3 \cdot l_{3a}^2}{4 \cdot (n_3 - 1)} - \frac{w_4 \cdot l_{4a}^2}{4 \cdot (n_4 - 1)} \right] \cdot \eta_1 \quad (27)$$

gdzie:

w_3, w_4 - Obliczeniowe obciążenie równomiernie rozłożone na prętach 3 i 4;
stosowanie częściowych współczynników z normy [N1] daje niekorzystny efekt.

Moment w przekroju nad stropem dolnej kondygnacji (nad węzłem nr 2):

$$M_{2d} = \frac{\frac{n_1 \cdot E_{1b} \cdot I_{1b}}{h_{1b}}}{\frac{n_1 \cdot E_{1b} \cdot I_{1b}}{h_{1b}} + \frac{n_2 \cdot E_{2b} \cdot I_{2b}}{h_{2b}} + \frac{n_3 \cdot E_{3b} \cdot I_{3b}}{l_{3b}} + \frac{n_4 \cdot E_{4b} \cdot I_{4b}}{l_{4b}}} \cdot \left[\frac{w_3 \cdot l_{3b}^2}{4 \cdot (n_3 - 1)} - \frac{w_4 \cdot l_{4b}^2}{4 \cdot (n_4 - 1)} \right] \cdot \eta_2 \quad (28)$$

9b.

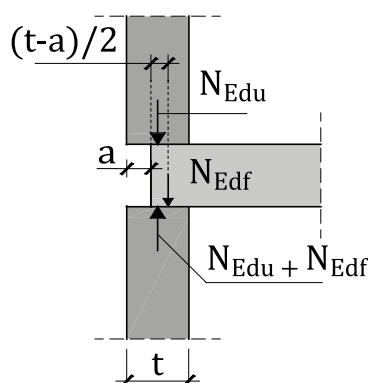
W przypadku stropów drewnianych oraz gdy z obliczeń z kroku 11, przy zastosowaniu momentów określonych w kroku 9a, uzyskuje się $M_d/N_{id} \geq 0,45 \cdot t$ w dalszych obliczeniach można przyjąć przegubową pracę połączenia ściana - strop. Momenty w przekrojach miarodajnych będą wówczas wynikiem tylko obciążenia stropu. Zakłada się, że głębokość oparcia stropu na ścianie wynosi $0,1 \cdot t$. W związku z tym moment pod stropem górnej kondygnacji należy wyznaczyć z warunku:

$$M_{1d} = N_{Edf} \cdot 0,45 \cdot t \quad (29)$$

Moment nad stropem dolnej kondygnacji należy przyjąć: $M_{2d}=0$.

9c.

W przypadku oparcia stropów na części przekroju ściany (np. gdy od czoła występuje docieplenie wieńca) momenty w przekroju górnym i dolnym ściany można obliczyć ze wzorów:



Rys. 4.8. Schemat układu sił i reakcji, gdy strop jest podparty na części grubości ściany

9c.	Moment w przekroju pod stropem górnej kondygnacji (pod węzłem nr 1): $M_{1d} = M_{Edf} = N_{Edf} \cdot \frac{a}{2} + N_{Edu} \cdot \frac{t + a}{4} \quad (30)$ Moment w przekroju nad stropem dolnej kondygnacji (nad węzłem nr 2): $M_{2d} = M_{Edu} = N_{Edu} \cdot \frac{t - 3 \cdot a}{4} \quad (31)$ gdzie: N_{Edu} - obciążenie obliczeniowe w ścianie wyższej kondygnacji; N_{Edf} - obciążenie obliczeniowe od stropu; a - odległość od lica ściany do krawędzi stropu. Uwaga: Momenty obliczone za pomocą wzorów (30) oraz (31) muszą być mniejsze od momentów wyznaczonych za pomocą wzorów (27) i (28).
10.	Wyznaczenie momentu w środkowym przekroju analizowanej ściany: Moment w przekroju środkowym należy przyjąć jako wartość odczytaną z wykresu momentów (M_{1d} u góry ściany, a M_{2d} u dołu ściany) w geometrycznym środku wysokości ściany w świetle.
11.	Określenie wartości mimośródów e_i pod i nad stropem: mimośród początkowy (niezamierzony): $e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} \quad (32)$ mimośród od obciążenia poziomego (np. od wiatru) $e_{he,i} = \frac{M_{wd}}{N_{id}} \quad (33)$ gdzie: M_{wd} - moment od obciążenia poziomego równy $(q_{Ewd} \cdot h^2)/16$ przy obliczaniu zgodnie z punktem 9a a w przeciwnym razie równy 0; N_{1d}, N_{2d} - obciążenie obliczeniowe pod stropem górnej kondygnacji i nad stropem dolnej; mimośród na górze lub dole ścian: $e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he,i} + e_{init} \geq 0,05 \cdot t \quad (34)$ gdzie i jest równe 1 lub 2. Uwaga: Gdy mimośród statyczny od obciążenia pionowego $M_{id}/N_{id} > 0,45 \cdot t$, należy wrócić do punktu 9b.

12.	Określenie wartości mimośrodów e_{mk} w środku wysokości ściany: mimośród od obciążenia poziomego (np. wiatru): $e_{hm} = \frac{M_{wd}}{N_{md}} \quad (35)$ gdzie: M_{wd} - moment od obciążenia poziomego równy $(q_{Ewd} \cdot h^2)/16$ lub $(q_{Ewd} \cdot h^2)/8$ w zależności od schematu statycznego ściany; N_{md} - obciążenie obliczeniowe w środku wysokości ściany; całkowity mimośród od obciążenia: $e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} \quad (36)$ gdzie: M_{md} - wartość momentu w geometrycznym środku ściany w zależności od momentów M_{1d}, M_{2d}; mimośród z uwagi na pełzanie: $e_k = 0,002 \cdot \varphi_{\infty} \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{t \cdot e_m} \quad (37)$ gdzie: φ_{∞} - końcowa wartość współczynnika pełzania; mimośród w środku wysokości ściany: $e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 \cdot t \quad (38)$
13.	Wyznaczenie współczynników redukcyjnych Φ_i: $\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} \quad (39)$ gdzie i jest równe 1 lub 2.
14.	Wyznaczenie współczynników redukcyjnych Φ_m: $A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} \quad (40) \quad u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} \quad (42)$ $\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{\frac{f_k}{E}} \quad (41) \quad \Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (43)$ gdzie: e - podstawa logarytmu naturalnego.

15.	Pole powierzchni filarka lub wycinka ściany: $A = b \cdot t \quad (44)$
16.	Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany w strefie środkowej oraz pod i nad stropem: $N_{1,Rd} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d \geq N_{1,Ed} \quad (45)$ $N_{m,Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d \geq N_{m,Ed} \quad (46)$ $N_{2,Rd} = \Phi_2 \cdot A \cdot f_d \geq N_{2,Ed} \quad (47)$

4.7.2. Metoda uproszczona wariant 1

Metodę uproszczoną wariant 1 można stosować przy projektowaniu budynków, gdy spełnione są następujące warunki:

- wysokość budynku nie przekracza 3 kondygnacji nadziemnych;
- ściany są usztywnione prostopadle do ich powierzchni przez stropy i dach w kierunku poziomym pod kątem prostym do płaszczyzny ściany, ewentualnie przez same stropy i wieńce o odpowiedniej sztywności;
- strop i dach są oparte na ścianach na co najmniej 2/3 jej grubości, a szerokość oparcia jest nie mniejsza niż 85 mm;
- wysokość kondygnacji w świetle nie przekracza 3,0 m;
- szerokość ściany stanowi co najmniej 1/3 jej wysokości;
- charakterystyczna wartość obciążenia zmiennego na stropach i dachu nie przekracza 5,0 kN/m²;
- maksymalna rozpiętość stropów w świetle wynosi 6,0 m;
- maksymalna rozpiętość dachu w świetle wynosi 6,0 m z wyjątkiem przypadku lekkich konstrukcji dachowych, gdzie rozpiętość nie przekracza 12,0 m.

Algorytm projektowania ścian obciążonych głównie pionowo wg metody uproszczonej wariant 1 [1]

1.	Dane wstępne: • rodzaj wykorzystanych materiałów (błoczek/pustak, zaprawa); • szerokość analizowanego pasma muru b; • wysokość muru w świetle stropów h; • rozpiętość stropu w świetle ścian l_f; • pionowe obciążenie obliczeniowe w rozważanym przekroju ściany N_{Ed}
2.	• Sprawdzenie warunków stosowania metody uproszczonej wariant 1
3.	Przyjęcie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie $f_{k,s}$. Uwaga: W przypadku braku możliwości odczytania stabelaryzowanej wartości $f_{k,s}$ lub nieuwzględnianiu przez normę użytej kombinacji elementu murowego i zaprawy należy zamiennie wyznaczyć wartość f_k jak w p. 4.3.1.

4.	Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie wg punktu 4.3.1 $f_d = \frac{f_{k,s}}{\gamma_M \cdot \eta_A} \quad (3)$ gdzie: f_d, γ_M, η_A - jak w wzorze (3); $f_{k,s}$ - charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie w zależności od stosowanych materiałów według punktu NA.3 normy [2] tabl. NA.3-NA.9.
5.	Określenie efektywnej wysokości ściany wg punktu 4.4.1. $h_{ef} = \rho_n \cdot h \quad (8)$
6.	Określenie efektywnej grubości ściany t_{ef} wg punktu 4.4.2.
7.	Sprawdzenie warunku smukłości $\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 21 \quad (48)$
8.	Pole powierzchni filarka lub wycinka ściany $A = b \cdot t \quad (44)$
9.	Przyjęcie współczynnika redukcyjnego $c_A = 0,50$ jeżeli $\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 18$ $c_A = 0,36$ jeżeli $18 < \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 21$
10.	Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany $N_{Rd} = c_A \cdot f_d \cdot A \geq N_{Ed} \quad (49)$ gdzie: N_{Rd} - obliczeniowa nośność ściany na ściskanie; c_A - współczynnik redukcyjny; f_d - obliczeniowa wytrzymałość muru na ściskanie; A - pole powierzchni filarka lub wycinka ściany; N_{Ed} - obliczeniowe obciążenie pionowe.

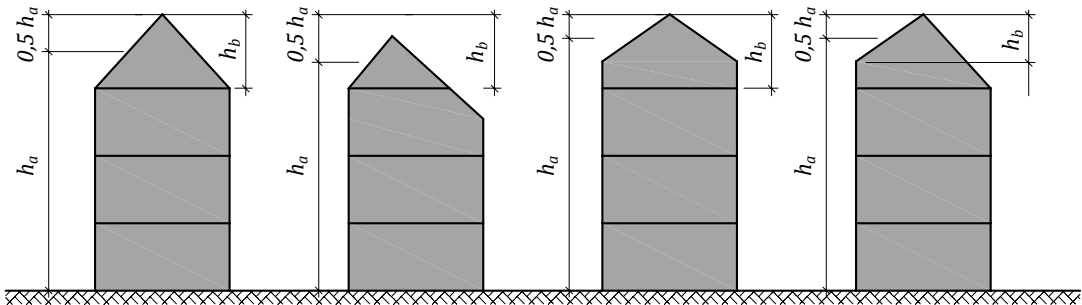
4.7.3. Metoda uproszczona wariant 2

Metodę uproszczoną wariant 2 można stosować przy projektowaniu budynków, gdy spełnione są następujące warunki:

- wysokość powyżej poziomu terenu nie jest większa niż h_m (Tabela 4.11), a w przypadku budynków z dachami nachylonymi wysokość budynku określa się jako średnią h_a jak na rysunku Rys. 4.9.

Tabela 4.11. Wartości współczynnika ρ_t dla ściany usztywnionej pilastrami

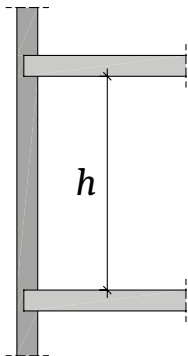
Klasa	A	B
h_m	16 m	12 m



Rys. 4.9. Zasady określania wysokości h_a

- rozpiętość stropów opartych na obliczanych ścianach nie jest większa niż 7,0 m;
- rozpiętość dachów opartych na obliczanych ścianach nie jest większa niż 7,0 m, z wyjątkiem dachów z lekkich elementów kratownicowych, których rozpiętość nie powinna przekraczać 14,0 m;
- wysokość kondygnacji w świetle nie jest większa niż 3,2 m, z wyjątkiem budynków o całkowitej wysokości nie większej niż 7,0 m, w których wysokość w świetle kondygnacji parteru może wynosić 4,0 m;
- obciążenie charakterystyczne zmienne na stropie i dachu nie jest większe niż 5,0 kN/m²;
- ściany są usztywnione w kierunku poziomym za pomocą stropów i konstrukcji dachu usytuowanej pod kątem prostym do jej płaszczyzny, bądź też samych stropów i dachów lub w inny odpowiedni sposób, np. za pomocą wieńca o odpowiedniej sztywności, zgodnie z [1];
- ściany na poszczególnych kondygnacjach znajdują się w jednej płaszczyźnie;
- stropy i dach opierają się na ścianie za pomocą wieńców o szerokości równej co najmniej 0,4·t grubości ściany, lecz nie mniej niż 75 mm;
- końcowa wartość współczynnika pełzania dla muru ∞ nie powinna być większa niż 2,0 (dla elementów murowych z betonu na kruszywach lekkich norma [1] przewiduje wartość φ_∞ w przedziale od 1,0 do 3,0).

Dodatkowe warunki stosowania metody uproszczonej dla ścian stanowiących skrajną podporę stropu (Rys. 4.10):



Rys. 4.10. Ściana stanowiąca skrajną podporę stropu

- rozpiętość stropu w świetle ścian l_f jest nie większa niż:

$$7,0m \text{ przy } N_{Ed} \leq k_G \cdot t \cdot b \cdot f_d \quad (50)$$

lub jest równa mniejszej z wartości:

$$4,5 + 10 \cdot t \text{ i } 7,0m, \text{ gdy } f_d > 2,5 \frac{N}{mm^2}$$

lub

$$4,5 + 10 \cdot t \text{ i } 6,0m, \text{ gdy } f_d \leq 2,5 \frac{N}{mm^2}$$

gdzie:

- N_{Ed} - pionowe obciążenie obliczeniowe na rozpatrywanym poziomie;
- t - rzeczywista grubość ściany lub warstwy nośnej ściany szczelinowej stanowiącej skrajną podporę stropu, w metrach;
- b - szerokość, na której przyłożone jest obciążenie;
- f_d - wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie;
- k_G - współczynnik równy 0,2 dla grupy 1 elementów murowych oraz 0,1 dla pozostałych grup.

- grubość ścian t obciążonych wiatrem nie może być mniejsza niż:

$$t \geq \frac{c_1 \cdot q_{Ewd} \cdot b \cdot h^2}{N_{Ed}} + c_2 \cdot h \quad (51)$$

gdzie:

- h - wysokość kondygnacji w świetle;
- q_{Ewd} - obciążenie obliczeniowe wiatrem na jednostkę powierzchni ściany;
- N_{Ed} - pionowe obciążenie obliczeniowe wywierające najbardziej niekorzystny wpływ na górnej krawędzi ściany rozpatrywanej kondygnacji;
- b, t - jak we wzorze (13);
- c_1, c_2 - stałe wg Tabeli 4.12.

Tabela 4.12. Stałe c_1 i c_2

α	c_1	c_2
0,05	0,12	0,017
0,10	0,12	0,019
0,20	0,14	0,022
0,30	0,15	0,025
0,50	0,23	0,031

Uwaga: Dopuszcza się interpolację liniową

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{t \cdot b \cdot f_d} \quad (52)$$

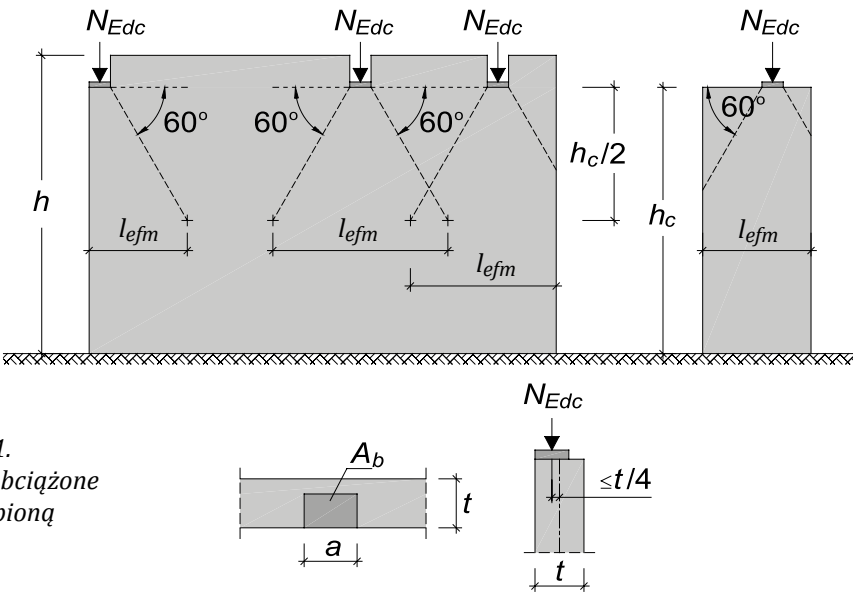
Algorytm projektowania ścian obciążonych głównie pionowo
wg metody uproszczonej wariant 2 [1]

1.	Dane wstępne: • rodzaj wykorzystanych materiałów (błoczek/pustak, zaprawa); • szerokość analizowanego pasma muru b; • wysokość muru w świetle stropów h; • rozpiętość stropu w świetle ścian l_f; • pionowe obciążenie obliczeniowe w rozważanym przekroju ściany N_{Ed}; • obciążenie obliczeniowe wiatrem na jednostkę powierzchni ściany q_{Ewd}.
2.	Sprawdzenie podstawowych warunków stosowania metody uproszczonej wariant 2 oraz dodatkowych warunków dla ścian stanowiących skrajną podporę stropu lub konstrukcji dachu (jeżeli zachodzi taka potrzeba).
3.	Przyjęcie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie $f_{k,s}$. Uwaga: W przypadku braku możliwości odczytania stabelaryzowanej wartości $f_{k,s}$ lub nieuwzględnieniu przez normę użytej kombinacji elementu murowego i zaprawy należy zamiennie wyznaczyć wartość f_k jak w p. 4.3.1.
4.	Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie $f_d = \frac{f_{k,s}}{\gamma_M \cdot \eta_A} \quad (3)$ gdzie: f_d, γ_M, η_A - jak we wzorze (3); $f_{k,s}$ - charakterystyczna wytrzymałość muru na ściskanie w zależności od stosowanych materiałów według punktu NA.3 normy [2] tabl. NA.3-NA.9.
5.	Określenie efektywnej wysokości ściany wg punktu 4.4.1. $h_{ef} = \rho_n \cdot h \quad (8)$
6.	Określenie efektywnej grubości ściany t_{ef} wg punktu 4.4.2.
7.	Sprawdzenie warunku smukłości $\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 27 \quad (53)$
8.	Określenie rozpiętości efektywnej stropu $l_{f,ef} = l_f$ - dla stropu swobodnie podpartego; $l_{f,ef} = 0,7 \cdot l_f$ - dla stropu ciągłego; $l_{f,ef} = 0,7 \cdot l_f$ - dla stropu swobodnie podpartego, rozpiętego w dwóch kierunkach, gdzie długość podparcia rozpatrywanej ściany jest nie większa niż $2 \cdot l_f$; $l_{f,ef} = 0,5 \cdot l_f$ - dla stropu swobodnie podpartego, rozpiętego w dwóch kierunkach, gdzie długość podparcia rozpatrywanej ściany jest nie większa niż $2 \cdot l_f$;

9.	Pole powierzchni filarka lub wycinka ściany $A = b \cdot t \quad (44)$
10.	Wyznaczenie współczynnika redukcyjnego Φ_s - dla ścian wewnętrznych $\Phi_s = 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (54)$ - dla ścian stanowiących końcowe podparcie stropów $\Phi_s = \min \begin{cases} 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \\ 1,3 - \frac{l_{f,ef}}{8} \leq 0,85 \end{cases} \quad (55)$ - dla ścian najwyższej kondygnacji stanowiących skrajną podporę stropu lub dachu $\Phi_s = \min \begin{cases} 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \\ 1,3 - \frac{l_{f,ef}}{8} \leq 0,85 \\ 0,4 \end{cases} \quad (56)$
11.	Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany $N_{Rd} = \Phi_s \cdot f_d \cdot A \geq N_{Ed} \quad (57)$

4.7.4. Mur obciążony siłą skupioną

Algorytm projektowania ścian obciążonych siłą skupioną według metody podstawowej [1]

1.	Dane wstępne: • rodzaj wykorzystanych materiałów (błoczek/pustak, zaprawa); • szerokość obciążenia skupionego a; • długość ściany L; • wysokość muru w świetle stropu h; • wysokość przyłożenia obciążenia h_c; • odległość obciążenia od krawędzi ściany a_1; • pionowe obliczeniowe obciążenie skupione N_{Edc}.
2.	Sprawdzenie warunków stosowania metody podstawowej W przypadku obciążenia przyłożonego nie na całej grubości ściany: Określenie mimośrodów obciążenia e. Sprawdzenie warunku: $e \leq \frac{t}{4}$
3.	Wyznaczenie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie wg punktu 4.3.1 • dla murów wykonanych z użyciem zapraw zwykłych lub lekkich $f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \tag{1}$ • dla murów wykonanych na cienkie spoiny $f_k = K \cdot f_b^{0,85} \tag{2}$
4.	• Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie wg punktu 4.3.1 $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \eta_A} \tag{3}$
5.	• Określenie efektywnej powierzchni rozdziału obciążenia: • Efektywna długość rozdziału l_{efm} określona w połowie wysokości ściany (zakładamy, że obciążenie rozkłada się pod kątem 60° do górnej powierzchni ściany). Długość l_{efm} należy określić zgodnie z Rys. 4.11.  Rys. 4.11. Ściany obciążone siłą skupioną

5.	Efektywna powierzchnia rozdziału: $A_{ef} = l_{efm} \cdot t.$
6a.	W przypadku murów wykonanych z elementów murowych grupy 1 nośność ściany obciążonej siłą skupioną: $N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d \quad (58)$ $\beta = \min \begin{cases} \left(1 + 0,3 \cdot \frac{a_1}{h_c}\right) \cdot \left(1,5 - 1,1 \cdot \frac{A_b}{A_{ef}}\right) \geq 1,0 \\ 1,25 + \frac{a_1}{2 \cdot h_c} \\ 1,5 \end{cases} \quad (59)$
6b.	W przypadku murów wykonanych z elementów murowych grupy 2, 3 i 4 nośność ściany obciążonej siłą skupioną: $N_{Rdc} = A \cdot f_d \quad (60)$
7.	Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany: $N_{Rdc} \geq N_{Edc}$
8.	Przeprowadzenie obliczeń ściany obciążonej głównie pionowo zgodnie z punktem 6.1.2 <i>normy</i> [1]. W obliczeniach należy uwzględnić obciążenie skupione rozłożone pod kątem 60° w przekroju środkowym i dolnym. Obliczenia należy przeprowadzić metodą podstawową uproszczoną.

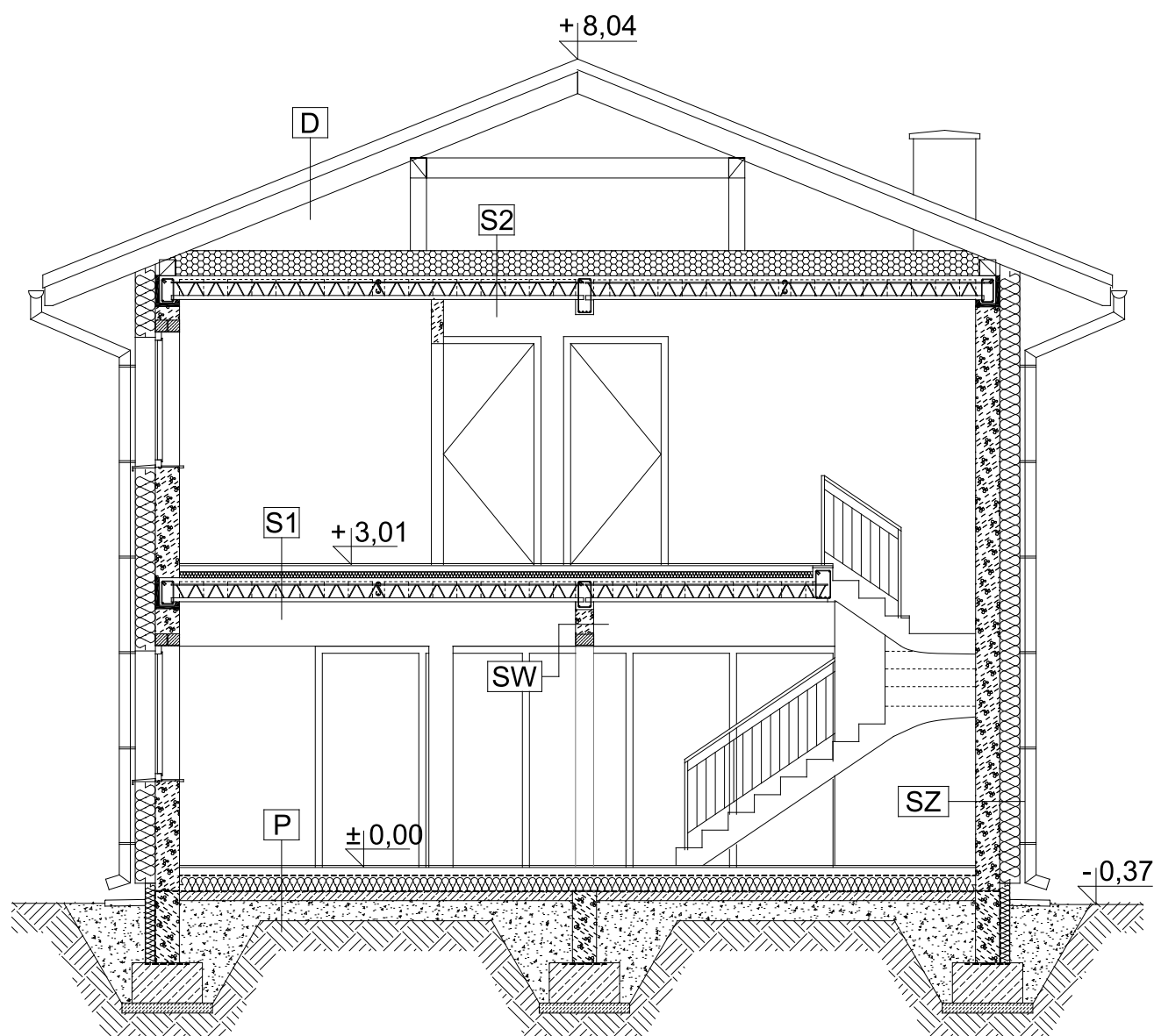
Notatki



OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE

5.1. Budynek mieszkalny jednorodzinny

Obliczenia dotyczą wolnostojącego budynku mieszkalnego jednorodzinnego o długości $L=13,50\text{ m}$, szerokości $B=8,80\text{ m}$ i wysokości $H=8,41\text{ m}$. Budynek posiada 2 kondygnacje naziemne, wysokości $2,62\text{ m}$ w świetle warstw wykończeniowych. Budynek jest zlokalizowany w Poznaniu, 60 m n.p.m. , strefa obciążenia śniegiem 2, strefa obciążenia wiatrem 1, teren normalny. Stropy wykonano jako gęstożebrowe Czamaninek EU grubości 24 cm z betonem dolewającym klasy C20/25. Ściany fundamentowe wykonane zostały z keramzyto-betonowych bloczków drążonych Liatop Start. Ściany kondygnacji nadziemnych wykonane zostały z keramzyto-betonowych pustaków AKU K5 grubości 18 cm oraz 24 cm – wszystkie elementy murowe należą do grupy 1 oraz kategorii 1. Wszystkie elementy murowe układano na zaprawie do cienkich spoin klasy M10 firmy Czamaninek. Pozostałe dane zestawiono na rysunkach 5.1; 5.6 oraz 5.10.



Rys. 5.1. Przekrój analizowanego budynku

P

płytki ceramiczne	2,0 cm
wylewka betonowa	8,0 cm
hydroizolacja	
styropian	15,0 cm
hydroizolacja	
wylewka betonowa	10,0 cm
piasek zagęszczony	

S1

płytki ceramiczne	2,0 cm
wylewka betonowa	6,0 cm
hydroizolacja	
styropian	6,0 cm
hydroizolacja	
strop Czamaninek EU	24,0 cm
tynk gipsowy	1,5 cm

S2

wełna mineralna	30,0 cm
hydroizolacja	
strop Czamaninek EU	24,0 cm
tynk gipsowy	1,5 cm

D

dachówka ceramiczna	2,0 cm
łąty	6,0 x 5,0 cm
kontrłąty	2,5 x 5,0 cm
membrana paroprzepuszczalna	15,0 cm
krokwie	20,0 x 10,0 cm

SW

tynk gipsowy	1,5 cm
pustak AKU K5 18	18,0 cm
tynk gipsowy	1,5 cm

SZ

tynk cienkowarstwowy	
styropian	20,0 cm
pustak AKU K5 24	24,0 cm
tynk gipsowy	1,5 cm

SH

hydroizolacja	
bloczki LIATOP START	24,0 cm
hydroizolacja	
styropian	10,0 cm
tynk cienkowarstwowy	

5.1.1. Zestawienie oddziaływań**a) Dach (D)****Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1996-3:2010**

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg Załącznika krajowego NA)

- strefa obciążenia śniegiem 2

$$s_k = 0,9 \frac{kN}{m^2}$$

Współczynnik ekspozycji – teren normalny:

$$C_e = 1,0$$

Współczynnik termiczny:

$$C_t = 1,0$$

Współczynniki kształtu dachu dwupołaciowego:

- dach o nachyleniu $\alpha=22^\circ$

$$\mu_1 = 0,8$$

Obciążenie charakterystyczne śniegiem

- przypadek (I)

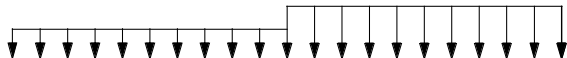
$$s_{Ek} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,72 \frac{kN}{m^2}$$

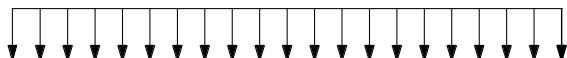
- przypadek (II) oraz (III) połać mniej obciążona

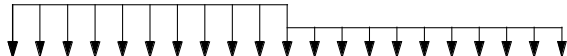
$$s_{Ek} = 0,5 \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,36 \frac{kN}{m^2}$$

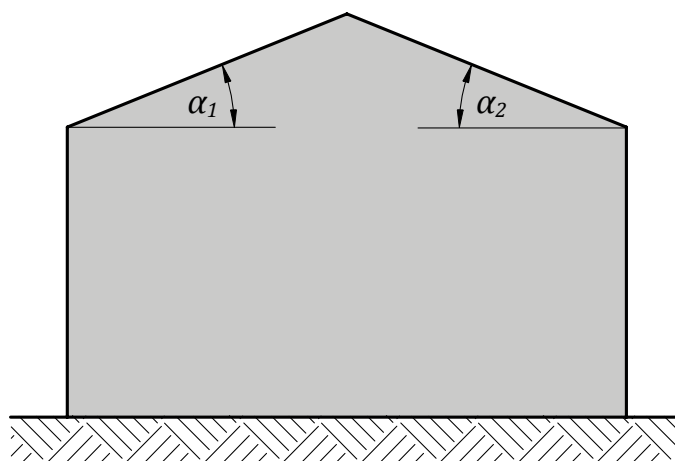
- przypadek (II) oraz (III) połać bardziej obciążona

$$s_{Ek} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,72 \frac{kN}{m^2}$$

(I) $\mu_1(\alpha_1) = 0,36 \text{ kN/m}^2$  $\mu_1(\alpha_2) = 0,72 \text{ kN/m}^2$

(II) $\mu_1(\alpha_1) = 0,72 \text{ kN/m}^2$  $\mu_1(\alpha_2) = 0,72 \text{ kN/m}^2$

(III) $\mu_1(\alpha_1) = 0,72 \text{ kN/m}^2$  $\mu_1(\alpha_2) = 0,36 \text{ kN/m}^2$



Rys. 5.2. Schemat obciążenia śniegiem

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-4:2008

Dane geometryczne dachu:

- szerokość $B = 10,60 \text{ m}$
- długość $L = 15,30 \text{ m}$
- wysokość $H = 8,41 \text{ m}$
- wysokość nad poziomem morza $A = 60,0 \text{ m n.p.m.}$
- wysokość odniesienia $z_e = H = 8,41 \text{ m}$

Strefa obciążenia wiatrem 1

- podstawowa bazowa prędkość wiatru (wg Załącznika krajowego NA)

$$v_{b,o} = 22,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- podstawowe bazowe ciśnienie prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA)

$$q_{b,o} = 0,30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Współczynnik kierunkowy $c_{dir} = 1,0$

Współczynnik sezonowy $c_{season} = 1,0$

Bazowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot q_{b,o} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,30 = 0,30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Dla kategorii terenu III (wg Załącznika krajowego NA)

- współczynnik chropowatości

$$c_r(z_e) = 0,8 \cdot \left(\frac{z_e}{10} \right)^{0,19} = 0,8 \cdot \left(\frac{8,41}{10} \right)^{0,19} = 0,774$$

- współczynnik ekspozycji

$$c_e(z_e) = 1,9 \cdot \left(\frac{z_e}{10} \right)^{0,26} = 1,9 \cdot \left(\frac{8,41}{10} \right)^{0,26} = 1,816$$

$$\begin{aligned} z_{min} &= 5,0 \text{ m} \\ z_{max} &= 400 \text{ m} \\ z_0 &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_p(z_e) = c_e(z_e) \cdot q_b = 1,816 \cdot 0,30 = 0,545 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Alternatywna metoda wyliczenia szczytowego ciśnienia prędkości wiatru

Współczynnik terenu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

Współczynnik chropowatości terenu

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z_e}{z_0} \right) = 0,215 \cdot \ln \left(\frac{8,41}{0,3} \right) = 0,718$$

Współczynnik rzeźby terenu (orografii) $c_0(z_e) = 1,0$

Współczynnik turbulencji $k_l = 1,0$

Intensywność turbulencji dla $z_{min} \leq z_e \leq z_{max}$

$$I_v(z_e) = \frac{\sigma_v}{v_m(z_e)} = \frac{k_l}{c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(8,41/0,3)} = 0,300$$

Bazowa prędkość wiatru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,0 = 22,0 \frac{m}{s}$$

Średnia prędkość wiatru

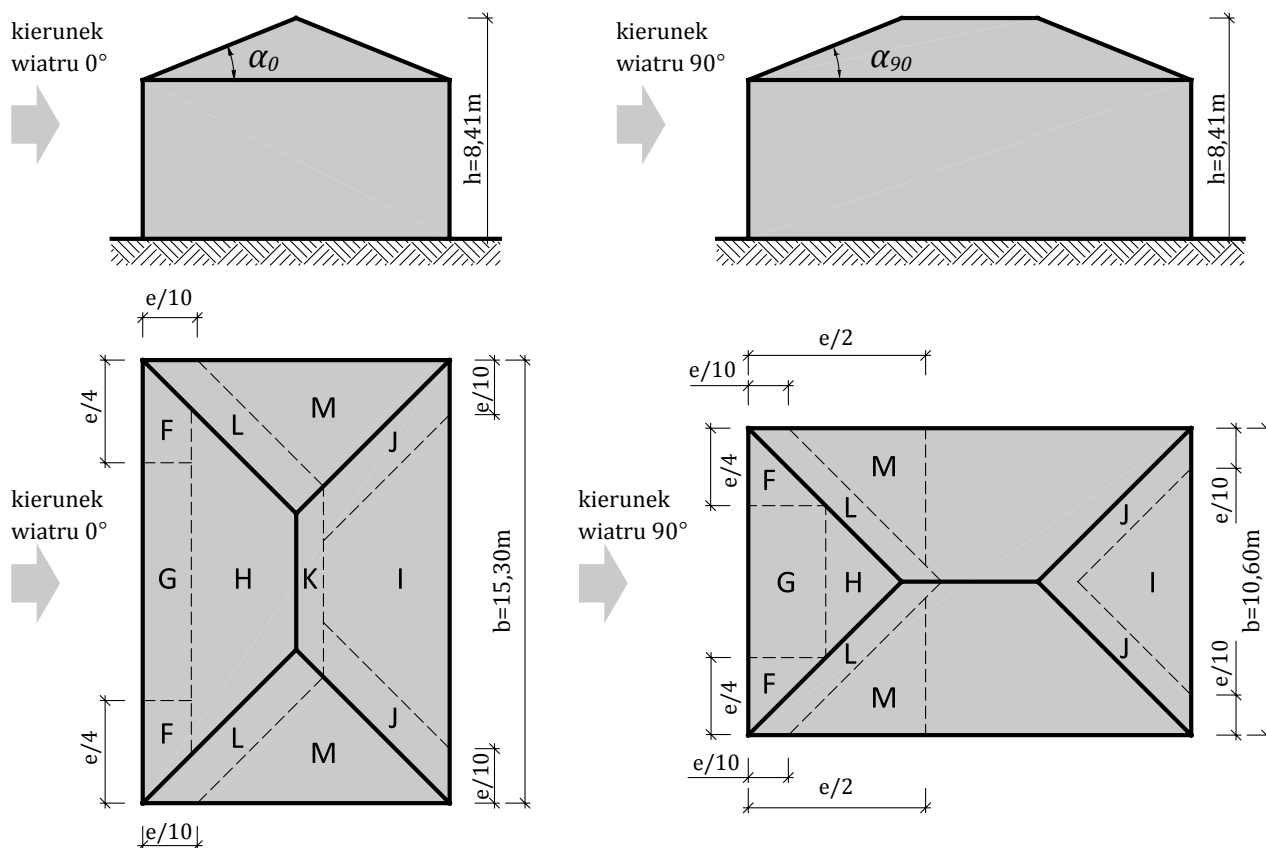
$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_0(z_e) \cdot v_b = 0,718 \cdot 1,0 \cdot 22,0 = 15,796 \frac{m}{s}$$

Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = (1 + 7 \cdot 0,300) \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,796^2 = 483 \frac{N}{m^2}$$

$$q_p(z_e) = 0,483 \frac{kN}{m^2}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto $q_p(z_e) = 0,545 kPa$



Rys. 5.3. Oznaczenia dachów czterospadowych ($\alpha_0 = \alpha_{90} = 22^\circ$)

Tabela 5.1. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów czterospadowych wg normy PN-EN 1991-1-4 [N5]

Kąt spadku α_0 dla $\theta = 0^\circ$ α_{90} dla $\theta = 90^\circ$	Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 90^\circ$								
	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	$c_{pe,10}$								
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	-1,2	-0,6	-0,4
	+0,0	+0,0	+0,0						
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,5	-1,0	-1,2	-1,4	-0,6	-0,3
	+0,2	+0,2	+0,2						
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	-1,4	-0,8	-0,2
	+0,5	+0,7	+0,4						
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-1,3	-0,8	-0,2
	+0,7	+0,7	+0,6						
60°	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2
70°	+0,8	+0,7	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2
Wartości interpolowane									
22°	-0,71	-0,66	-0,25	-0,45	-0,86	-0,87	-1,4	-0,69	-0,25
	+0,34	+0,43	+0,29						

- Wiatr dla kierunku $\theta = 90^\circ$ powoduje powstanie jedynie niewielkich obciążeń dociążających ściany w analizowanym przykładzie, dlatego wariant ten zostanie pominięty.
- Wiatr dla kierunku $\theta = 0^\circ$.

Oznaczenia przyjęte w obliczeniach $b=L$; $h=H$

$$e = \min (b,2h)=15,30\text{m}$$

Obszary, z których zbierane są obciążenia na analizowane filarki znajdują się w całości w polach G, H, I i K, dlatego dalsze obliczenia zostaną przeprowadzone tylko dla tych pól oraz zostaną wykorzystane wartości współczynnika $c_{pe,10}$ dla parcia wiatru w polach G i K oraz odpowiadające dla pozostałych pól.

Ciśnienie wiatru na powierzchnię

$$w_{Ek} = w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

Tabela 5.2. Wartości pośrednie i końcowe obciążenia dachu wiatrem

Pole	$c_{pe,10}$	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$w_{Ek} \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
G	+0,43	+0,234	+0,234
H	+0,29	+0,158	+0,158
I	-0,45	-0,245	-0,245
K	-0,87	-0,474	-0,474

Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Tabela 5.3. Obciążenia stałe z połaci dachu

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
dachówka ceramiczna	-	0,600
łaty	$\left(0,06m \cdot 0,05m \cdot 4,2 \frac{kN}{m^3} \right) / 0,34m$	0,038
kontrłaty	$\left(0,025m \cdot 0,05m \cdot 4,2 \frac{kN}{m^3} \right) / 0,80m$	0,007
membrana paroprzepuszczalna	-	0,005
krokwie	$\left(0,20m \cdot 0,10m \cdot 4,2 \frac{kN}{m^3} \right) / 0,80m$	0,105
$\Sigma =$		0,754

Obciążenie użytkowe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Przyjęto zalecane obciążenie użytkowe dla dachów kategorii H – dachy bez dostępu z wyjątkiem zwykłego utrzymania i napraw

$$q_k = 0,4 \frac{kN}{m^2}$$

b) Strop nad piętrem (S2)**Obciążenie użytkowe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]**

Przyjęto obciążenie użytkowe

$$q_k = 0,4 \frac{kN}{m^2}$$

Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Tabela 5.4. Obciążenia stałe ze stropu nad piętrem

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
wełna mineralna	$0,30m \cdot 1,0 \frac{kN}{m^3}$	0,300
hydroizolacja	-	0,005
strop Czamaninek EU	-	3,090
tynek gipsowy	$0,015m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3}$	0,255
$\Sigma =$		3,650

c) Strop nad parterem (S2)

Obciążenie użytkowe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Przyjęto zalecane obciążenie użytkowe dla stropów kategorii A – $q_k = 2,0 \frac{kN}{m^2}$

Ciężar ścianek działowych zbudowanych z pustaków TERMO 10,5 obustronnie tynkowanych tynkiem gipsowym 1,0 cm:

$$\left(0,08kN \cdot 8 \frac{szt.}{m^2} + 0,02m \cdot 17 \frac{kN}{m^3} \right) 2,75m = 2,7 \frac{kN}{m}$$

Dla ścianek działowych o ciężarze własnym $\leq 3,0 \frac{kN}{m}$ obciążenie zastępcze wynosi: $q_k = 1,2 \frac{kN}{m^2}$

Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Tabela 5.5. Obciążenia stałe ze stropu nad parterem

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
płytki ceramiczne	$0,02m \cdot 21,0 \frac{kN}{m^3}$	0,420
wylewka betonowa	$0,06m \cdot 24,0 \frac{kN}{m^3}$	1,440
hydroizolacja	-	0,005
styropian	$0,06m \cdot 0,45 \frac{kN}{m^3}$	0,027
hydroizolacja	-	0,005
strop Czamaninek EU	-	3,090
tynk gipsowy	$0,015m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3}$	0,255
$\Sigma=$		5,242

d) Ściana wewnętrzna grubości 18 cm (SW)

Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]

Tabela 5.6. Obciążenia stałe ze ściany wewnętrznej grubości 18 cm

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
tynk gipsowy	$0,015m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3}$	0,255
mur z pustaków AKU K3 18	$0,150kN \cdot 10,5 \frac{szt.}{m^2}$	1,575
tynk gipsowy	$0,015m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3}$	0,255
$\Sigma=$		2,085

e) Ściana zewnętrzna (SZ2)

Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4:2008 [N5]

Dane geometryczne dachu:

- szerokość $B = 8,80\text{ m}$
- długość $L = 13,50\text{ m}$
- wysokość $H = 8,41\text{ m}$
- wysokość nad poziomem morza $A = 60,0\text{ m n.p.m.}$
- wysokość odniesienia $z_e = H = 8,41\text{ m}$
- Obciążenie wiatrem prostopadłym do ściany dłuższej
Oznaczenia przyjęte w obliczeniach $b=L$; $d=B$; $h=H$
 $e=\min(b,2h)=13,50\text{ m}$

Tabela 5.7. Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla ścian pionowych budynków na rzucie prostokąta

Pole	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	
Wartości interpolowane										
0,96	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	n.d.		+0,794	+1,0	-0,488	
0,62	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,750	+1,0	-0,399	

Wszystkie rozpatrywane powierzchnie są większe niż 10 m^2 - do dalszych obliczeń przyjmujemy wartości $c_{pe,10}$.

Zgodnie z UWAGĄ 2 punktu 7.2.9 normy PN-EN 1991-1-4:2008 wartość współczynnika ciśnienia wewnętrznego c_{pi} można przyjmować jako mniej korzystną z dwóch: +0,2 albo -0,3.

Ciśnienie wiatru na powierzchnię

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$
$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$
$$w_{Ek} = w_e + w_i$$

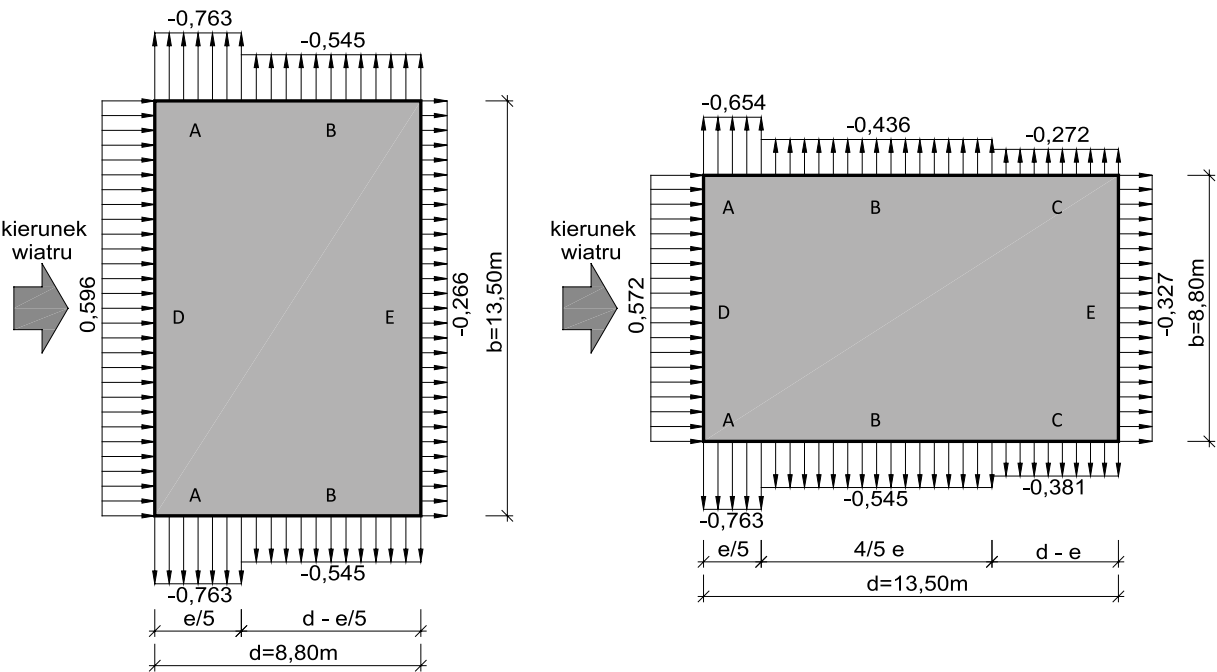
Tabela 5.8. Wartości pośrednie i końcowe obciążenia ścian wiatrem

Pole	$c_{pe,10}$	c_{pi}	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$w_i \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$w_{Ek} \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
A	-1,2	+0,2	-0,654	+0,109	-0,763
B	-0,8	+0,2	-0,436	+0,109	-0,545
D	+0,794	-0,3	+0,433	-0,163	+0,596
E	-0,488	0,0 (brak okien)	-0,266	0,0	-0,266

- Obciążenie wiatrem prostopadłym do ściany krótszej
Oznaczenia przyjęte w obliczeniach $b=B$; $d=L$; $h=H$
 $e=\min(b,2h)=8,80\text{ m}$

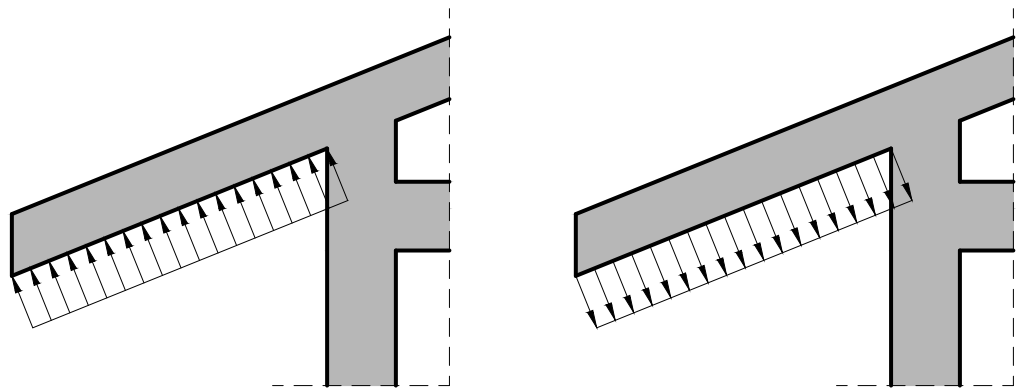
Tabela 5.8. Wartości pośrednie i końcowe obciążenia ścian wiatrem

Pole	$c_{pe,10}$	c_{pi}	$w_e \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$w_i \left[\frac{kN}{m^2} \right]$	$w_{Ek} \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
A	-1,2	(+0,2;0)	-0,654	(+0,109;0)	(-0,763;-0,654)
B	-0,8	(+0,2;0)	-0,436	(+0,109;0)	(-0,545;-0,436)
C	-0,5	(+0,2;0)	-0,272	(+0,109;0)	(-0,381;-0,272)
D	+0,750	-0,3	+0,409	-0,163	+0,572
E	-0,399	+0,2	-0,218	+0,109	-0,327



Rys. 5.4. Schemat obciążenia ścian wiatrem

W analizowanym przykładzie występuje okap dachowy na który od spodu działa ciśnienie wiatru równe co do wartości ciśnienia na ścianie w bezpośrednim sąsiedztwie wystającego dachu.



Rys. 5.5. Ciśnienie wiatru na wystającej części dachu

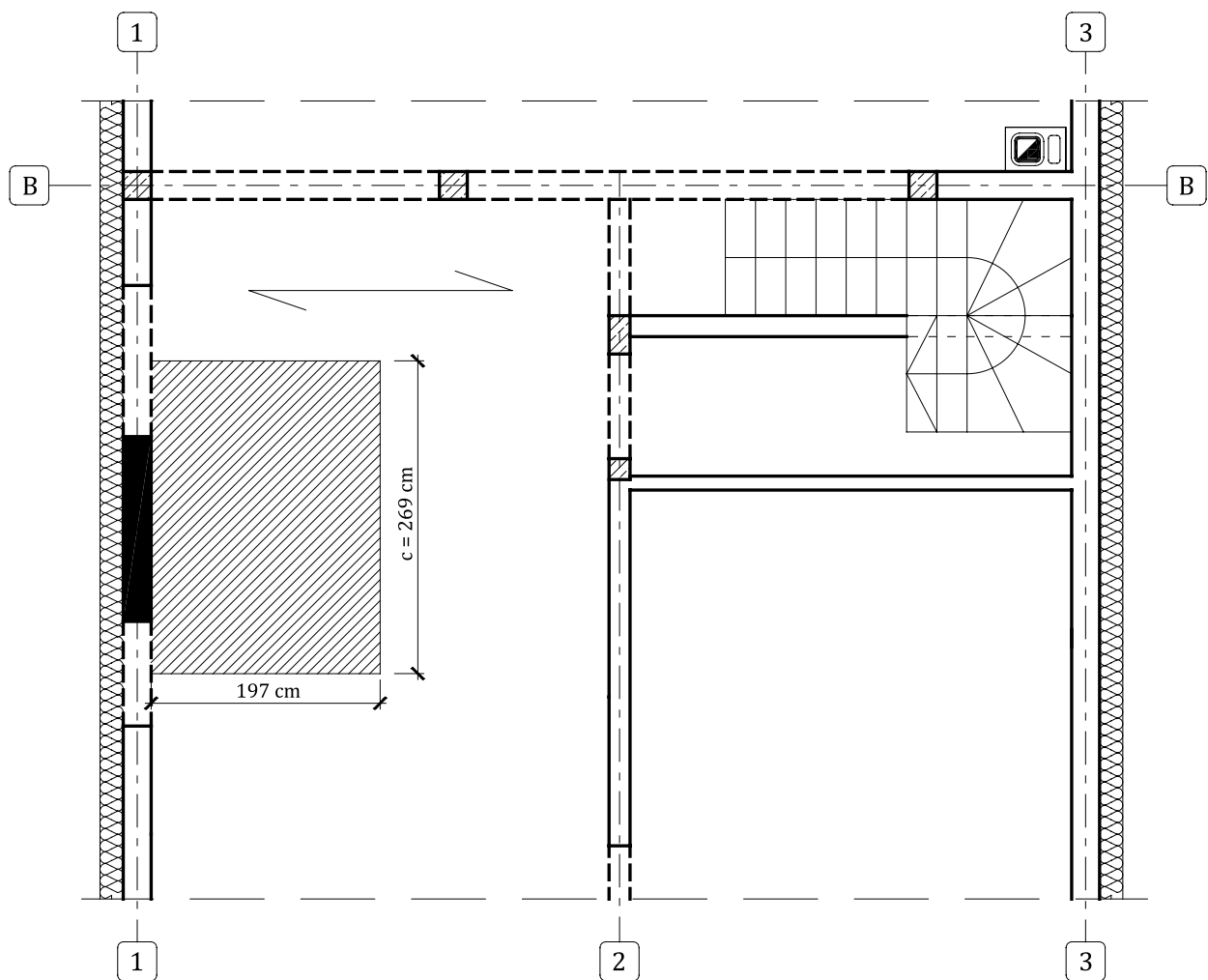
Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]*Tabela 5.10. Obciążenia stałe ze ściany zewnętrznej*

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
tynk cienkowarstwowy		0,100
styropian	$0,20m \cdot 0,45 \frac{kN}{m^3}$	0,090
mur z pustaków AKU K5 24	$0,165kN \cdot 10,5 \frac{szk}{m^2}$	1,733
tynk gipsowy	$0,015m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3}$	0,255
$\Sigma=$		2,178

a) Ściana zewnętrzna (SZ2)**Obciążenie stałe wg PN-EN 1991-1-1:2010 [N6]***Tabela 5.11. Obciążenia stałe ze ściany fundamentowej*

Opis obciążenia		Wartość charakterystyczna $p_k \left[\frac{kN}{m^2} \right]$
styropian	$0,10m \cdot 0,45 \frac{kN}{m^3}$	0,045
mur z bloczków LIATOP START	$0,265kN \cdot 10,5 \frac{szk}{m^2}$	2,783
$\Sigma=$		2,828

5.1.2. Przykład nr 1 – Obliczenia zewnętrznego filarka metodą uproszczoną podstawową

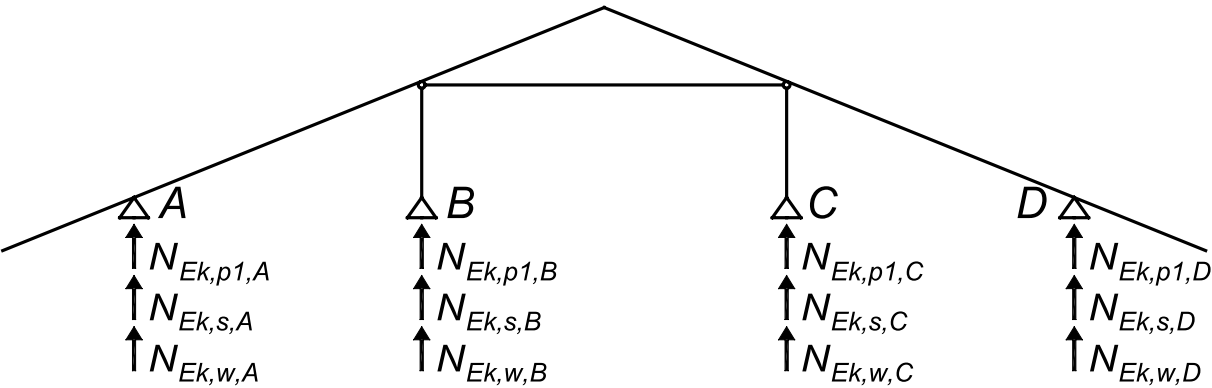


Rys. 5.6. Usytuowanie analizowanego filarka

Zestawienie obciążeń

- dach	$p_{k,1} = 0,754 \text{ kN/m}^2$
	$s_{Ek} = (0,36;0,72) \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,G} = 0,234 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,H} = 0,158 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,I} = -0,245 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,K} = -0,474 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,1} = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- strop nad piętrem	$p_{k,2} = 3,650 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,2} = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- strop nad parterem	$p_{k,3} = 5,242 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,3} = 2,0+1,2 \text{ kN/m}^2$
- ściana zewnętrzna (SZ2)	$p_{k,4} = 2,178 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,D}=0,596 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,B}=-0,545 \text{ kN/m}^2$
- wieniec ściany zewnętrznej	$p_{k,5} = 1,440 \text{ kN/m}$

Rozwiązanie statyki więźby dachowej

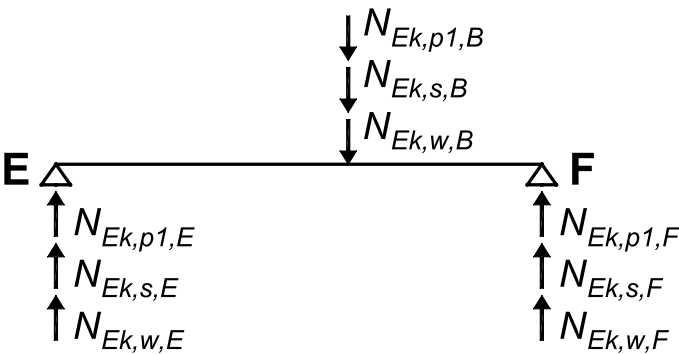


Rys. 5.7. Schemat statyczny wycinka więźby dachowej

Tabela 5.12. Charakterystyczne reakcje od obciążeń więźby dachowej w [kN]

Typ reakcji	Podpora			
	A	B	C	D
$N_{Ek,p1}$	4,31	4,01	4,01	4,31
$N_{Ek,s}$	3,84	3,56	3,56	4,31
$N_{Ek,w}$	-1,23	0,58	-1,46	-1,81

Wyliczone reakcje są odpowiednie dla fragmentu połaci dachowej o szerokości 1,96 m która wynika z rozstawu słupów podpierających płatwie. Słupy oparte na stropie, z którego zbierane są obciążenia na analizowany filarek przekazują na niego część obciążenia.



Rys. 5.8. Schemat statyczny wycinka stropu (między osiami 1-2)

Tabela 5.13. Charakterystyczne reakcje od obciążeń słupem więźby dachowej w [kN]

Typ reakcji	Podpora	
	E	F
$N_{Ek,p1}$	1,60	2,41
$N_{Ek,s}$	1,42	2,14
$N_{Ek,w}$	0,23	0,35

W obszarze stropu o szerokości c, z którego zbiera się obciążenia, znajdują się 2 słupy więźby dachowej, jednak jeden z nich zlokalizowany jest na granicy obszaru co odpowiada środkowi nadproża przy filarku, dlatego obciążenie od tego słupa zostanie pomniejszone o 0,5.

Zestawienie oddziaływań pionowych na filarek międzyokienny

- dach	$N_{Ek,p1} = 4,31 \cdot \frac{2,69}{1,96} \cdot 1,97 + (1 + 0,5) \cdot 1,6 = 14,05kN$
	$N_{Ek,s} = 3,84 \cdot \frac{2,69}{1,96} \cdot 1,97 + (1 + 0,5) \cdot 1,42 = 12,51kN$
	<i>Ponieważ obciążenie użytkowe nie może występować łącznie z obciążeniem śniegiem w dalszych obliczeniach zostanie pominięte podobnie jak obciążenie wiatrem, które sumarycznie powoduje odciążenie.</i>
- strop nad piętrem	$N_{pk,2} = 3,650 \cdot 2,69 \cdot 1,97 = 19,34kN$
	$N_{qk,2} = 0,4 \cdot 2,69 \cdot 1,97 = 2,12kN$
- ściana piętra	$N_{pk,3} = 2,178 \cdot 2,77 \cdot 2,69 - (2,69 - 1,59) \cdot 1,35 = 12,99kN$
- strop nad parterem	$N_{pk,4} = 5,242 \cdot 2,69 \cdot 1,97 = 27,78kN$
	$N_{qk,4} = (2,0 + 1,2) \cdot 2,69 \cdot 1,97 = 16,96kN$
- ściana nad parterem	$N_{pk,5} = 2,178 \cdot 2,88 \cdot 2,69 - (2,69 - 1,59 \cdot 1,35) = 13,64kN$
- wieniec	$N_{pk,6} = 2 \cdot 1,440 \cdot 2,69 = 7,75kN$

$$\sum N_{Ek,p} = N_{Ek,p1} + N_{pk,2} + N_{pk,3} + N_{pk,4} + N_{pk,6} = 14,05 + 19,34 + 12,99 + 27,78 + 7,75 = 81,91kN$$

Wartości obliczeniowe oddziaływań pionowych w górnej, środkowej oraz dolnej części filarka

$$N_{1,Ed} = \max \begin{cases} 1,35 \cdot 81,91 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (16,96 + 12,51 + 2,12) = 143,752kN \\ 0,85 \cdot 1,35 \cdot 81,91 + 1,5 \cdot [16,96 + 0,7 \cdot (12,51 + 2,12)] = 134,796kN \end{cases}$$

$$N_{1,Ed} = 143,752kN$$

$$N_{m,Ed} = \max \begin{cases} 143,752 + 1,35 \cdot 0,5 \cdot 13,64 = 152,956kN \\ 134,796 + 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,5 \cdot 13,64 = 142,619kN \end{cases}$$

$$N_{m,Ed} = 152,956kN$$

$$N_{2,Ed} = \max \begin{cases} 143,752 + 1,35 \cdot 13,64 = 162,161kN \\ 134,796 + 0,85 \cdot 1,35 \cdot 13,64 = 150,443kN \end{cases}$$

$$N_{2,Ed} = 162,161kN$$

Określenie efektywnej wysokości ściany

- zgodnie z punktem 4.4.1.1. określono współczynnik redukcyjny $\rho_n = \rho_2 = 1,0$
 $h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 2,88 \text{ m}$

Określenie efektywnej grubości ściany

- zgodnie z punktem 4.4.2. stwierdzono
 $t_{ef} = t = 0,24 \text{ m}$

Sprawdzenie warunku smukłości

$$\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = 12 < 27$$

Wyznaczenie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie dla murów na cienie spoiny

- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego $f_b = 4,0 MPa$
- dla pustaków keramzytobetonowych grupy 1 przyjęto $K = 0,45$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} = 1,462 MPa$$

Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie

- dla elementu murowego kategorii I, zaprawy projektowanej, oraz klasy A wykonania robót $\gamma_M = 1,7$
- dla pola poprzecznego filarka $A = 0,382 m^2 > 0,3 m^2 \Rightarrow \eta_A = 1,0$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \eta_A} = 0,860 MPa$$

Wyznaczenie momentów bezwładności ścian i stropów

- szerokość obliczanego filarka $b = 1,59 m$
- szerokość pola, z którego zbierano obciążenia na filarek $c = 2,69 m$
- moment bezwładności ścian

$$I_{1a} = I_{2a} = \frac{b \cdot t^3}{12} = 0,001832 m^4$$

- moment bezwładności stropów Czamaninek EU60 zgodnie z Załącznikiem 1

$$I_{4a} = 0,000278 \cdot \frac{2,69}{0,6} = 0,001246 m^4$$

Wyznaczenie modułów sprężystości muru oraz stropu

- modułu sprężystości dla murów wykonanych na zaprawie $f_m \geq 5 MPa \Rightarrow K_E = 1000$

$$E_{1a} = E_{2a} = E_{2b} = K_E \cdot f_k = 1462,054 MPa$$

- modułu sprężystości stropu przyjęto jak dla betonu dolewane $C20/25$

$$E_{4a} = E_{cm} = 30000 MPa$$

Współczynniki sztywności prętów

$$n_1 = n_2 = n_4 = 4$$

• węzeł nr 1

Pozostałe dane geometryczne uproszczonego modelu ramowego

$$h_{2a} = 2,77 \text{ m}$$

$$h_{1a} = 2,88 \text{ m}$$

$$l_{4a} = 3,94 \text{ m}$$

$$k_{m,1} = \frac{n_4 \cdot \frac{E_{4a} \cdot I_{4a}}{l_{4a}}}{n_1 \cdot \frac{E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}} + n_2 \cdot \frac{E_{2a} \cdot I_{2a}}{h_{2a}}} = 5,004 > 2$$

• do dalszych obliczeń przyjęto $k_{m,1} = 2$

Współczynnik podatności

$$\eta_1 = 1 - \frac{k_{m,1}}{4} = 0,5$$

Obliczeniowe obciążenie stropu nad parterem

$$w_4 = \max \begin{cases} [1,35 \cdot 5,242 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (2,0 + 1,2)] \cdot c = 28,075 \text{ kN/m} \\ [0,85 \cdot 1,35 \cdot 5,242 + 1,5 \cdot (2,0 + 1,2)] \cdot c = 29,093 \text{ kN/m} \end{cases}$$

$$w_4 = 29,093 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

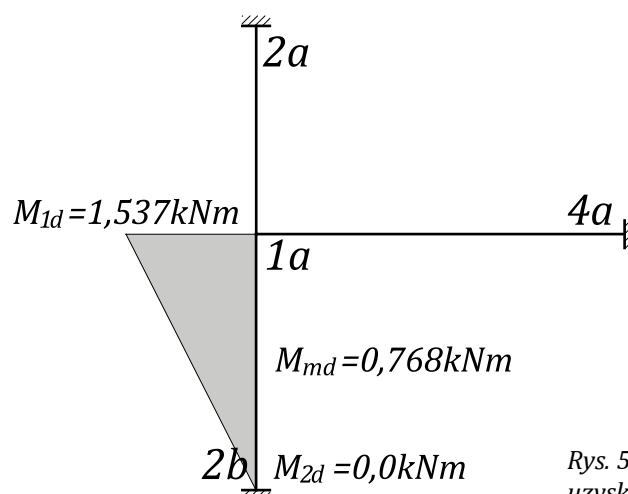
Moment w przekroju pod stropem górnej kondygnacji (pod węzłem nr 1)

$$M_{1d} = \frac{\frac{n_1 \cdot E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}}}{\frac{n_1 \cdot E_{1a} \cdot I_{1a}}{h_{1a}} + \frac{n_2 \cdot E_{2a} \cdot I_{2a}}{h_{2a}} + \frac{n_4 \cdot E_{4a} \cdot I_{4a}}{l_{4a}}} \cdot \left[\frac{w_4 \cdot l_{4a}^2}{4 \cdot (n_4 - 1)} \right] \cdot \eta_1 = 1,537 \text{ kNm}$$

• węzeł nr 1

$$M_{2d} = 0,0 \text{ kNm} - \text{brak stropu}$$

Moment w przekroju środkowym M_{md} odczytujemy wprost z wykresu momentów w geometrycznym środku wysokości ściany w świetle.



Rys. 5.9. Wykres momentów uzyskany z obliczeń

Określenie wartości mimośrodków e_i pod i nad stropem

Mimośród początkowy (niezamierzony)

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450} = 0,006m$$

Mimośród od obciążenia poziomego (od wiatru)

Założono, że obciążenie wiatrem z okien jest przekazywane na filarek. Obciążenie wiatrem (parcie lub ssanie) dobieramy tak, aby generowało wykresy momentów zgodne z momentami od obciążeń pionowych.

$$q_{Ewd,1} = \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot w_{Ek} \cdot c = 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,596 \cdot 3,0 = 1,443 \frac{kN}{m}$$

$$q_{Ewd,2} = 1,5 \cdot 0,6 \cdot (-0,545) \cdot 3,0 = -1,319 \frac{kN}{m}$$

$$M_{wd,1} = \frac{q_{Ewd,1} \cdot h^2}{16} = 0,748 kNm$$

$$M_{wd,2} = \frac{q_{Ewd,2} \cdot h^2}{16} = 0,684 kNm$$

$$e_{he,1} = \frac{M_{wd,1}}{N_{1,Ed}} = 0,0052m$$

$$e_{he,2} = \frac{M_{wd,1}}{N_{2,Ed}} = 0,0046m$$

Mimośród na górze ściany

$$e_1 = \frac{M_{1d}}{N_{1,Ed}} + e_{he,1} + e_{init} = 0,022m > 0,05 \cdot t = 0,012m$$

Mimośród na dole ściany

$$e_2 = \frac{M_{2d}}{N_{2,Ed}} + e_{he,2} + e_{init} = 0,011m < 0,05 \cdot t = 0,012m$$

do dalszych obliczeń przyjęto $e_2=0,012m$

Określenie wartości mimośrodu e_{mk} w środku wysokości ściany

Mimośród od obciążenia poziomego wiatru – decyduje parcie $q_{Ewd,m}=q_{Ewd,2}$

$$e_{hm} = \frac{M_{wd}}{N_{m,Ed}} = 0,004m$$

Całkowity mimośród od obciążenia

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_{init} = 0,016m$$

W przypadku ścian o smukłości $\lambda_c \leq 15$ wartość mimośrodu spowodowanego pełzaniem e_k można przyjąć równą zero.

$$\lambda_c = 12 \Rightarrow e_k = 0$$

Mimośród w środku wysokości ściany

$$e_{mk} = e_m + e_k = 0,016m > 0,05 \cdot t = 0,012m$$

Wyznaczenie współczynników redukcyjnych Φ_i pod i nad stropem

$$\Phi_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_1}{t} = 0,814$$

$$\Phi_2 = 1 - 2 \cdot \frac{e_2}{t} = 0,900$$

Wyznaczenie współczynników redukcyjnych Φ_m w środku wysokości ściany

$$A_1 = 1 - 2 \cdot \frac{e_{mk}}{t} = 0,868$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \cdot \sqrt{\frac{f_k}{E}} = 0,379$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \cdot \frac{e_{mk}}{t}} = 0,485$$

$$\Phi_m = A_1 \cdot e^{-\frac{u^2}{2}} = 0,771$$

Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany pod i nad stropem oraz w strefie środkowej

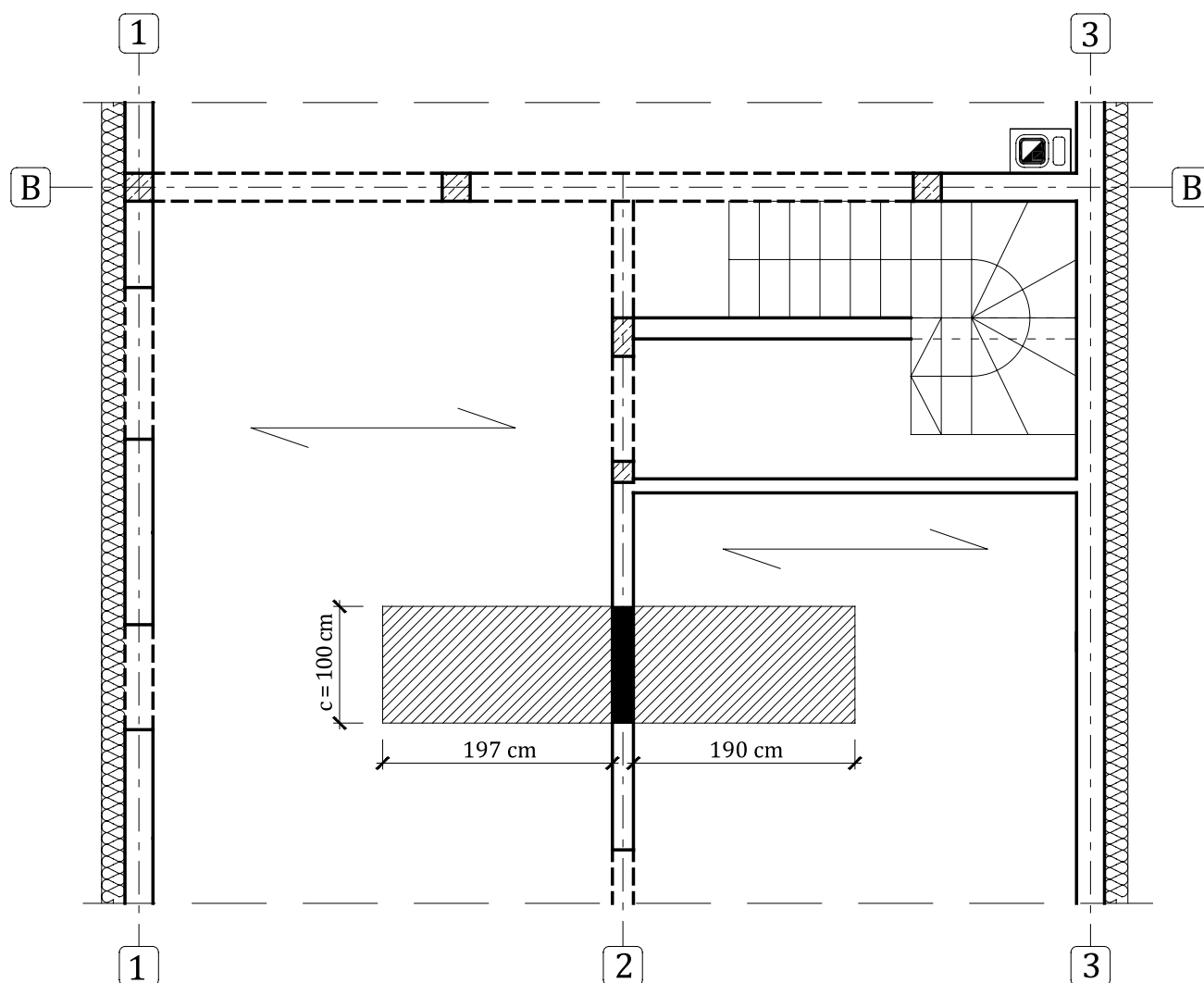
$$N_{1,Rd} = \Phi_1 \cdot A \cdot f_d = 267,218kN > N_{1,Ed} = 143,752kN$$

$$N_{m,Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 253,123kN > N_{m,Ed} = 152,956kN$$

$$N_{2,Rd} = \Phi_2 \cdot A \cdot f_d = 295,369kN > N_{2,Ed} = 162,161kN$$

Filarek został zaprojektowany poprawnie.

5.1.3. Przykład nr 2 – Obliczenia wewnętrznego filarka metodą uproszczoną wariant 2



Rys. 5.10 Usytuowanie analizowanego filarka

Sprawdzenie warunków stosowania metody

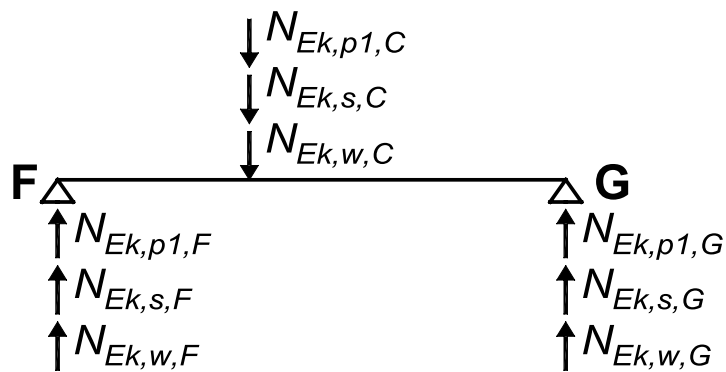
- wysokość powyżej poziomu terenu $h_m = h_a = 7,56 \text{ m} < 16 \text{ m}$
- maksymalna rozpiętość stropu opartego na obliczanej ścianie wynosi $3,94 \text{ m} < 7,0 \text{ m}$
- konstrukcja dachu nie opiera się bezpośrednio na analizowanej ścianie
- wysokość kondygnacji w świetle jest równa $2,88 \text{ m} < 3,20 \text{ m}$
- obciążenie charakterystyczne zmienne na stropie i dachu nie jest większe niż $5,0 \text{ kN/m}^2$
- ściany są usztywnione w kierunku poziomym za pomocą stropów i konstrukcji dachu usytuowanej pod kątem prostym do jej płaszczyzny
- ściany na poszczególnych kondygnacjach znajdują się w jednej płaszczyźnie
- stropy i dach opierają się na ścianie za pomocą wieńców o szerokości równej co najmniej $0,4 \cdot t$ grubości ściany, lecz nie mniej niż 75 mm
- końcowa wartość współczynnika pełzania dla muru $\varphi_{\infty} = 2,0$

Wszystkie wymagane warunki dla metody uproszczonej wariant 2 są spełnione.

Zestawienie obciążeń

- dach	$p_{k,1} = 0,754 \text{ kN/m}^2$
	$s_{Ek} = (0,36;0,72) \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,G} = 0,234 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,H} = 0,158 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,I} = -0,245 \text{ kN/m}^2$
	$w_{Ek,K} = -0,474 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,1} = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- strop nad piętrem	$p_{k,2} = 3,650 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,2} = 0,4 \text{ kN/m}^2$
- strop nad parterem	$p_{k,3} = 5,242 \text{ kN/m}^2$
	$q_{k,3} = 2,0+1,2 \text{ kN/m}^2$
- ściana wewnętrzna (SW2)	$p_{k,4} = 2,085 \text{ kN/m}^2$
- wieniec ściany zewnętrznej	$p_{k,5} = 1,395 \text{ kN/m}$

Podobnie jak w przykładzie pierwszym ściana jest obciążona reakcjami z konstrukcji dachu przekazywanymi na stropy za pośrednictwem słupów. Wyliczenie wspomnianego obciążenia odbywa się tak samo jak w analizowanym wcześniej przykładzie dla stropu zawartego między osiami 1-2 pozostaje jedynie wykonać podobną procedurę dla pozostałej części stropu.



Rys. 5.11. Schemat statyczny wycinka stropu (między osiami 2-3)

Tabela 5.14. Charakterystyczne reakcje od obciążeń słupem więźby dachowej w [kN]

Typ reakcji	Podpora	
	E	F
$N_{Ek,p1}$	2,50	1,51
$N_{Ek,s}$	2,22	1,34
$N_{Ek,w}$	-0,91	-0,55

Zestawienie oddziaływań pionowych na filarek

- dach	$N_{Ek,p1} = 2,41 + 2,50 = 4,91kN$
	$N_{Ek,s} = 2,14 + 2,22 = 4,36kN$
	<i>Ponieważ obciążenie użytkowe nie może występować łącznie z obciążeniem śniegiem w dalszych obliczeniach zostanie pominięte podobnie jak obciążenie wiatrem, które sumarycznie powoduje odciążenie.</i>
- strop nad piętrem	$N_{pk,2} = 3,650 \cdot 1,0 \cdot (1,97 + 1,90) = 14,13kN$
	$N_{qk,2} = 0,4 \cdot 1,0 \cdot (1,97 + 1,90) = 1,55kN$
- ściana piętra	$N_{pk,3} = 2,085 \cdot 1,0 \cdot 2,77 = 5,78kN$
- strop nad parterem	$N_{pk,4} = 5,242 \cdot 1,0 \cdot (1,97 + 1,90) = 20,29kN$
	$N_{qk,4} = (2,0 + 1,2) \cdot 1,0 \cdot (1,97 + 1,90) = 12,38kN$
- ściana nad parterem	$N_{pk,5} = 2,085 \cdot 1,0 \cdot 2,88 = 6,00kN$
- wieniec	$N_{pk,6} = 2 \cdot 1,395 \cdot 1,0 = 2,79kN$

$$\sum N_{Ek,p} = N_{Ek,p1} + N_{pk,2} + N_{pk,3} + N_{pk,4} + N_{pk,5} + N_{pk,6} = 4,91 + 14,13 + 5,78 + 20,29 + 6,00 + 2,79 = 53,89kN$$

Wartości obliczeniowe oddziaływań pionowych w dolnej części filarka

$$N_{Ed} = \max \begin{cases} 1,35 \cdot 53,89 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot (12,38 + 4,36 + 1,55) = 91,961kN \\ 0,85 \cdot 1,35 \cdot 53,89 + 1,5 \cdot [12,38 + 0,7 \cdot (4,36 + 1,55)] = 86,621kN \end{cases}$$

$$N_{Ed} = 91,961kN$$

Określenie efektywnej wysokości ściany

- zgodnie z punktem 4.4.1.1. określono współczynnik redukcyjny $\rho_n = \rho_2 = 0,75$

$$h_{ef} = \rho_2 \cdot h = 2,16 \text{ m}$$

Określenie efektywnej grubości ściany

- zgodnie z punktem 4.4.2. stwierdzono

$$t_{ef} = t = 0,18 \text{ m}$$

Sprawdzenie warunku smukłości

$$\lambda_c = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} = 12 < 27$$

Wyznaczenie charakterystycznej wytrzymałości muru na ściskanie dla murów na cienkie spoiny

- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementu murowego $f_b=4,0MPa$
- dla pustaków keramzytobetonowych grupy 1 przyjęto $K=0,45$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} = 1,462MPa$$

Określenie wytrzymałości obliczeniowej muru na ściskanie

- dla elementu murowego kategorii I, zaprawy projektowanej, oraz klasy A wykonania robót $\gamma_M=1,7$
- dla pola poprzecznego filarka $A = 0,382 m^2 > 0,3 m^2 \Rightarrow \eta_A = 1,0$

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M \cdot \eta_A} = 0,860MPa$$

Wyznaczenie współczynnika redukcyjnego Φ_s

$$\Phi_s = 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 = 0,691$$

Sprawdzenie obliczeniowej nośności analizowanej ściany

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d = 107,063kN > N_{2,Ed} = 91,961kN$$

Ściana została zaprojektowana poprawnie.



NADPROŻA Z BETONU LEKKIEGO

charakterystyka i obliczenia konstrukcyjne

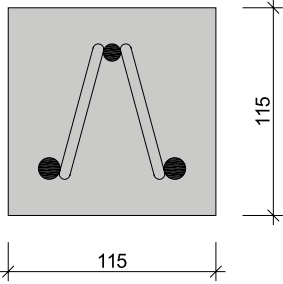
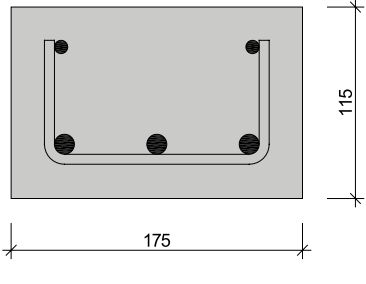
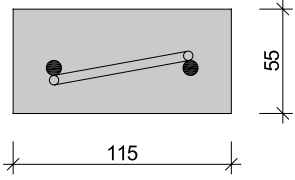
6. Nadproża z betonu lekkiego

6.1. Wstęp

Nadproża żelbetowe Czamaninek produkowane są z betonu lekkiego kruszywowego i betonu zwykłego, zbrojone kratownicami przestrzennymi lub specjalnie prefabrykowanymi siatkami zaginany. Średnice zbrojenia głównego są zależne od długości nadproża. Nośności nadproży definiują możliwość zastosowania ich w ścianach konstrukcyjnych lub działowych. Każdorazowo dobór nadproża powinien być poprzedzony analizą Stanów Granicznych.

6.2. Rodzaje nadproży

Nadproża Czamaninek produkowane są w trzech wariantach: NLC 11,5x11,5 przeznaczone do ścian konstrukcyjnych i działowych o różnej grubości - od 12 cm do 36 cm; NLC-R 11,5x17,5 do ścian o grubości 18 cm oraz 24 cm przy zastosowaniu rolet systemowych oraz NLC 5,5x11,5 przeznaczone do stosowania w ścianach działowych o grubości 12 cm. Do produkcji nadproży NLC 11,5x11,5 oraz NLC 11,5x17,5 stosowany jest beton lekki klasy LC30/33 na bazie kruszywa keramzytowego, natomiast nadproża NLC 5,5x11,5 z betonu klasy C20/25. Przekroje oraz podstawowe dane dotyczące nadproży zostały przedstawione poniżej.

Nadproże NLC 11,5x11,5	Nadproże NLC-R 11,5x17,5	Nadproże NLC 5,5x11,5
		
Beton LC30/33 H = 115 mm B = 115 mm	Beton LC30/33 H = 115 mm B = 175 mm	Beton C20/25 H = 55 mm B = 115 mm
21-22 kg/mb	35 kg/mb	14 kg/mb
wsp. przewodzenia ciepła: $\lambda=0,66 \text{ W/mK}$	wsp. przewodzenia ciepła: $\lambda=0,66 \text{ W/mK}$	wsp. przewodzenia ciepła: $\lambda=1,37 \text{ W/mK}$
Nośność ogniowa R30	Nośność ogniowa R30	Nośność ogniowa R30

Nośność nadproży Czamaninek została wyznaczona zgodnie z obowiązującymi normami europejskimi (Eurokody), a następnie potwierdzona badaniami w certyfikowanym laboratorium (Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych; Zakład Certyfikacji Sekcja Betonów CEBET). Deklarowane wartości nośności odpowiadają uzyskanym wynikom. Procedura sprawdzania nośności nadproży została przedstawiona w punkcie 6.3, natomiast w punkcie 6.4 pokazany został przykład obliczeniowy.

W tabelach 6.1-6.3 zestawione zostały parametry nadproży. Nośność nadproży jest wyrażona w kN/m jako mniejsza z wartości nośności na zginanie i ścinanie.

W obliczeniach należy uwzględniać długość efektywną nadproża, uwzględniającą głębokość oparcia na podporach.

Tabela 6.1. Podstawowe parametry nadproży NLC 11,5x11,5

Nadproże	Długość	Szerokość otworu	Długość efektywna nadproża	Masa	Nośność na zginanie M_{Rd}	Nośność na ścinanie V_{Rd}	Maksymalne dopuszczalne obciążeniowe obc. równomiernie rozłożone
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kNm]	[kN]	[kN/m]
NLC 11,5/11,5/86,5	865	625	745	18	8,12	24,37	65,44
NLC 11,5/11,5/99	990	750	870	21			56,04
NLC 11,5/11,5/124	1240	1000	1120	25			43,53
NLC 11,5/11,5/149	1490	1100	1295	31			39,00
NLC 11,5/11,5/174	1740	1250	1495	37			28,89
NLC 11,5/11,5/199	1990	1500	1745	42			21,22
NLC 11,5/11,5/220	2200	1750	1955	46			16,25
NLC 11,5/11,5/249	2490	2000	2245	54			12,84
NLC 11,5/11,5/280	2800	2300	2550	58			9,92
NLC 11,5/11,5/310	3100	2600	2850	68			7,95
NLC 11,5/11,5/340	3400	2900	3150	74			6,51

* Wartości na podstawie badań z Laboratorium Badawczego Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

Tabela 6.2. Podstawowe parametry nadproży NLC 11,5x17,5

Nadproże	Długość	Szerokość otworu	Długość efektywna nadproża	Masa	Nośność na zginanie M_{Rd}	Nośność na ścinanie V_{Rd}	Maksymalne dopuszczalne obciążeniowe obc. równomiernie rozłożone
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kNm]	[kN]	[kN/m]
NLC-R 11,5/17,5/86,5	865	625	745	30	9,29	23,93	63,78
NLC-R 11,5/17,5/99	990	750	870	35			54,54
NLC-R 11,5/17,5/124	1240	1000	1120	45			42,26
NLC-R 11,5/17,5/149	1490	1100	1295	52			36,49
NLC-R 11,5/17,5/174	1740	1250	1495	61			31,54
NLC-R 11,5/17,5/199	1990	1500	1745	70			23,94
NLC-R 11,5/17,5/220	2200	1750	1955	78			18,21
NLC-R 11,5/17,5/249	2490	2000	2245	87			14,28
NLC-R 11,5/17,5/280	2800	2300	2550	98			10,96
NLC-R 11,5/17,5/310	3100	2600	2850	108			8,68
NLC-R 11,5/17,5/340	3400	2900	3150	119			7,49

Tabela 6.3. Podstawowe parametry nadproży NLC 5,5x11,5

Nadproże	Długość	Szerokość otworu	Długość efektywna nadproża	Masa	Nośność na zginanie M_{Rd}	Nośność na ścinanie V_{Rd}	Maksymalne dopuszczalne obciążeniowe obc. równomiernie rozłożone
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kNm]	[kN]	[kN/m]
NLC 5,5/11,5/100	1000	800	900	14	0,85	3,64	5,56
NLC 5,5/11,5/110	1100	900	1000	15			4,99
NLC 5,5/11,5/120	1200	1000	1100	17			4,46
NLC 5,5/11,5/130	1300	1100	1200	18			3,72
NLC 5,5/11,5/140	1400	1200	1300	20			3,14
NLC 5,5/11,5/150	1500	1300	1400	21			2,69

Podane w tabelach wartości dopuszczalnego obciążenia dotyczą wartości ponad ciężar własny nadproża. Wartości podano dla pojedynczego nadproża w przypadku wykorzystania większej ich liczby nad analizowanym otworem wartości należy odpowiednio przemnożyć.

6.3. Obliczenia nadproży

Nadproża Czamaninek należy obliczać jako belki swobodnie oparte na podporach, w miarę możliwości zachowując w projekcie możliwość obrotu nadproża na podporze. W obliczeniach można przyjmować jako wartość porównawczą deklarowane przez producenta maksymalne, dopuszczalne obciążenie równomiernie rozłożone lub równocześnie rozpatrywane nośności na zginanie i ścinanie nadproży. Długość efektywna nadproża odnosi się do nominalnej wartości oparcia na murze lub innej podporze. W przypadku zwiększenia lub zmniejszenia głębokości oparcia, konieczne jest ponowne obliczenie długości efektywnej, która powinna być stosowana w dalszych obliczeniach.

Obliczenia SGN nadproży można przeprowadzić dwiema metodami. Pierwsza z nich zakłada uwzględnienie współpracy wieńca żelbetowego i nadproży. Dzięki temu możliwa jest redystrybucja obciążeń w zależności od stosunku sztywności obu elementów konstrukcyjnych, co lepiej odzwierciedla rzeczywistą pracę konstrukcji i pozwala uniknąć potencjalnego wprowadzania nadproży monolitycznych. Podczas obliczeń należy przewidzieć dwie sytuacje obliczeniowe - montażową i trwałą.

W fazie montażowej nie można uwzględniać współpracy wieńca, ponieważ na tym etapie nie został on jeszcze wykonany lub nie uzyskał pełnej nośności, co następuje dopiero po 28 dniach. Nadproża muszą być zdolne do przeniesienia wszelkich sił występujących w tej sytuacji, a w szczególności do przeniesienia obciążeń od montowanego stropu i obciążeń roboczych (w przypadku podstemplowania stropu obciążenia na nadproże można odpowiednio zmniejszyć). Pomimo wykonania obliczeń w fazie montażu, producent zaleca stosowanie podparcia nadproży na czas montażu, by ograniczyć doraźne ugięcie przed uzyskaniem pełnej nośności wieńca.

W sytuacji trwałej uwzględnia się współpracę nadproża z wieńcem. Należy sprawdzić globalny wpływ obciążeń na sumę nośności nadproża i wieńca, ale również nośność samego nadproża na obciążenia przypadające na nadproże i część obciążeń z wieńca, wyznaczone na podstawie relacji sztywności obu rozpatrywanych elementów konstrukcyjnych.

Druga metoda jest mniej dokładna i bezpieczniejsza, ponieważ zakłada, że nadproże przenosi całkowicie obciążenia, a współpraca z wieńcem nie jest uwzględniana. Jest to sposób obliczeń mniej ekonomiczny i prowadzi zwykle do istotnego przewymiarowania belek nadprożowych.

Schemat stanowiący podstawę do obliczeń nadproży został zaprezentowany na rysunku 6.1.

Warunki sprawdzające

Uwzględnianie współpracy wieńca Warunek nośności na zginanie	Bez uwzględniania współpracy wieńca Warunek nośności na zginanie
$M_{Rd,n} + M_{Rd,w}^* \geq M_{Ed}$ $M_{Rd,n} \geq M_{Ed,1} + M_{Ed,2} \cdot \frac{E_n \cdot I_n}{E_n \cdot I_n + E_w \cdot I_w}$	$M_{Rd,n} \geq M_{Ed}$
Warunek nośności na ścinanie	Warunek nośności na ścinanie
$V_{Rd,n} + V_{Rd,w} \geq V_{Ed}$ $V_{Rd,n} \geq V_{Ed,1} + V_{Ed,2} \cdot \frac{E_n \cdot I_n}{E_n \cdot I_n + E_w \cdot I_w}$	$V_{Rd,n} \geq V_{Ed}$

Legenda:

- $M_{Rd,n}$

-

nośność na zginanie nadproża
- $M_{Rd,w}$

-

nośność na zginanie wieńca żelbetowego*
- M_{Ed}

-

obliczeniowy moment zginający od obciążeń
- $V_{Rd,n}$

-

nośność na ścinanie
- V_{Ed}

-

obliczeniowa siła tnąca od obciążeń
- $M_{Ed,1} / V_{Ed,1}$

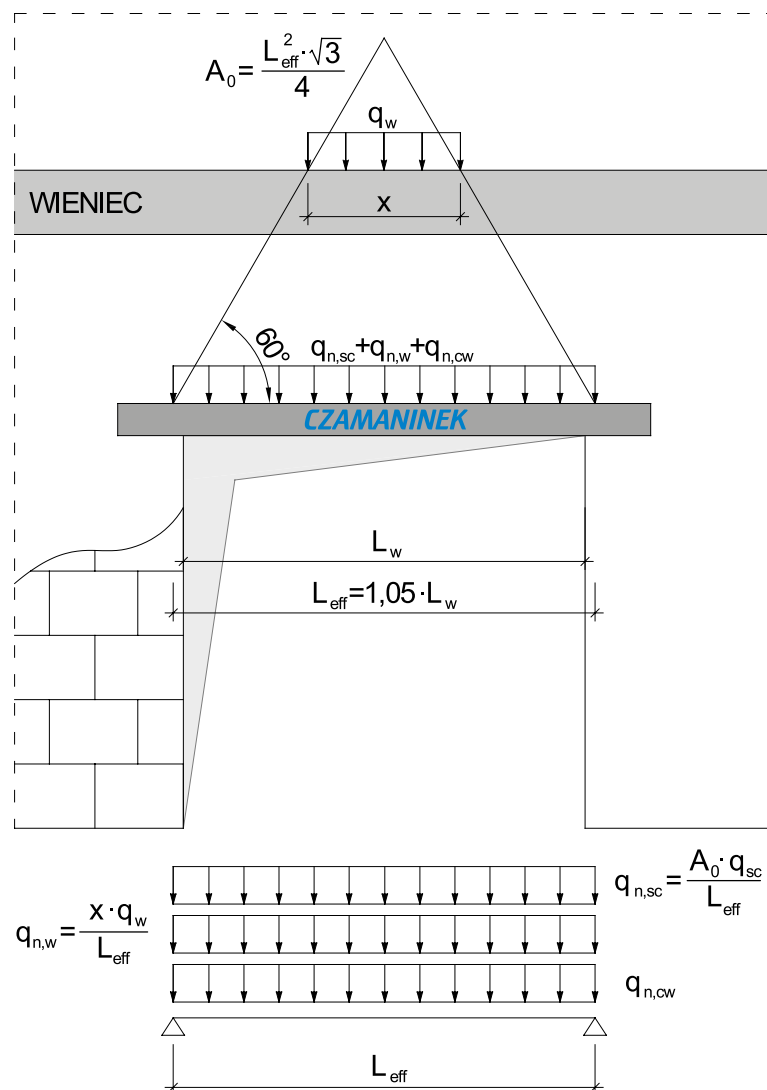
-

obliczeniowy moment / siła tnąca od obciążeń przypadających bezpośrednio na nadproże
- $M_{Ed,2} / V_{Ed,2}$

-

obliczeniowy moment / siła tnąca od obciążeń z wieńca

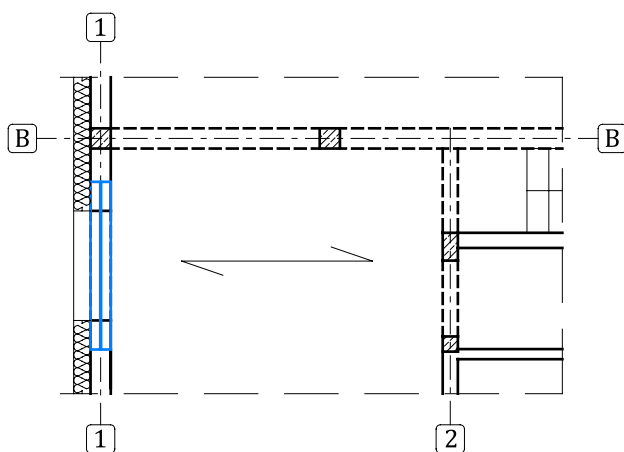
*W przypadku uwzględniania współpracy z wieńcem musi on spełniać wszystkie warunki konstrukcyjne dla belek żelbetowych zgodnie z PN-EN 1992-1.



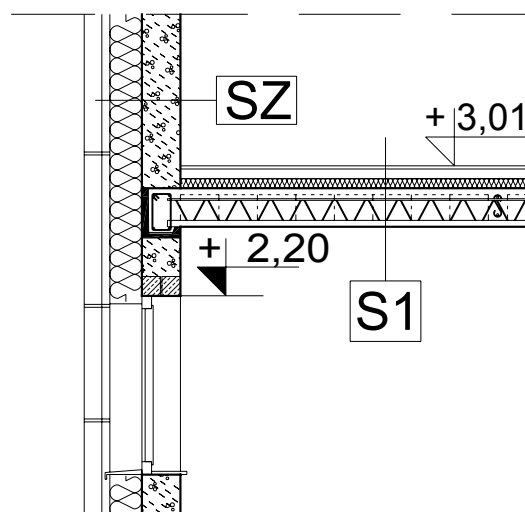
Rys. 6.1. Schemat obliczeń nadproży Czamaninek w sytuacji trwałej

6.4. Dobór nadproża - przykład obliczeniowy

Dobierane nadproża znajdują się nad otworem okiennym o szerokości 1,30 m w świetle ścian i są one obciążone ścianą znajdującą się powyżej oraz stropem na niej opartym.



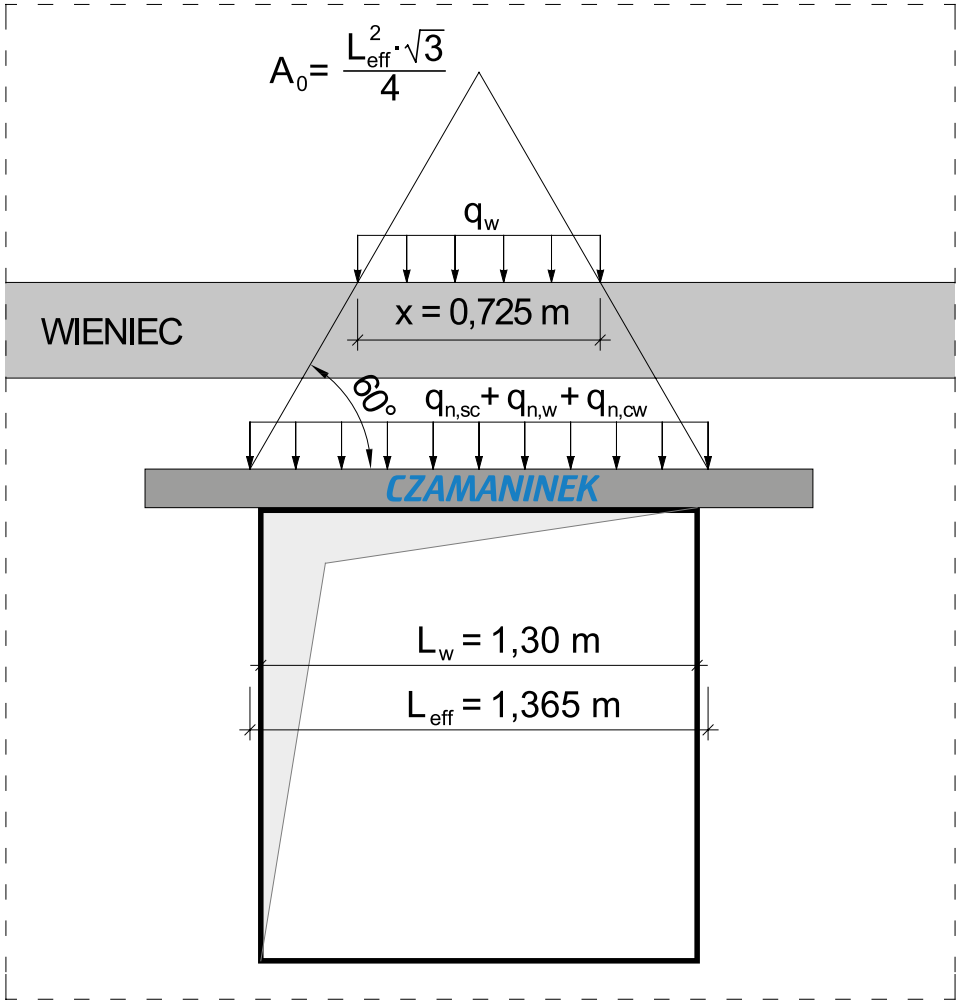
Rys. 6.2. Lokalizacja analizowanych nadproży - rzut



Rys. 6.3. Lokalizacja analizowanych nadproży - przekrój

Zestawienie oddziaływań pionowych

- ściana	$p_{k,1} = 2,178 \text{ kN/m}^2$
- strop nad parterem	$p_{k,2} = 5,242 \cdot \frac{3,94}{2} = 10,327 \text{ kN/m}$
	$q_{k,2} = (2,0 + 1,2) \cdot \frac{3,94}{2} = 6,304 \text{ kN/m}$
- wieniec ściany zewnętrznej	$p_{k,3} = 1,440 \text{ kN/m}$



Rys. 4.14. Analizowane nadproża – widok ściany

Wartości obliczeniowe oddziaływań z stropu nad parterem

$$q_w = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,35 \cdot 10,327 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 6,304 = 20,561 \text{ kN/m} \\ 0,85 \cdot 1,35 \cdot 10,327 + 1,5 \cdot 6,304 = 21,307 \text{ kN/m} \end{array} \right.$$

$$q_w = 21,307 \text{ kN/m}$$

Obliczeniowe oddziaływania przypadające na nadproże

- oddziaływanie ze ściany

$$A_0 = \frac{1,365^2 \cdot \sqrt{3}}{4} = 0,807 \text{ m}^2$$

$$q_{n,sc} = \frac{0,807 \cdot 2,178}{1,365} \cdot 1,35 = 1,739 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Konserwatywnie założono nie zmniejszanie ciężaru ściany o obszar, w którym występuje wieniec, a który zostanie uwzględniony w następnym kroku obliczeniowym.

- oddziaływanie ze stropu oraz wieńca

$$q_{n,w} = \frac{0,725 \cdot 21,307}{1,365} = 11,317 \frac{kN}{m}$$

- oddziaływanie całkowite ponad ciężar własny

$$q_{n,Ed} = 1,739 + 11,317 = 13,056 \frac{kN}{m}$$

Stan graniczny nośności oddziaływanie ze ściany

Maksymalne dopuszczalne obciążenie ponad ciężar własny nadproża NLC 11,5 x 11,5 x 199 wynosi:

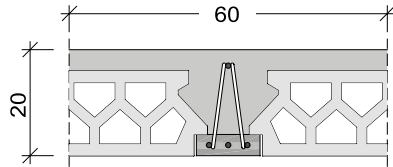
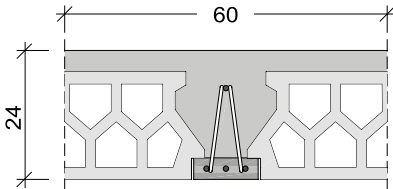
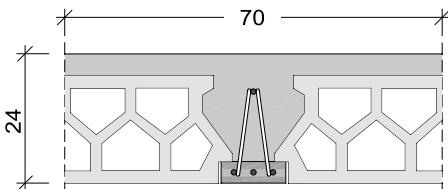
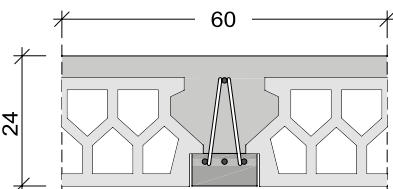
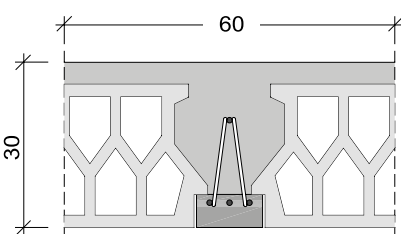
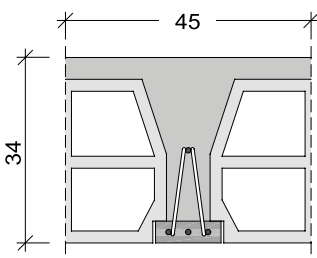
$$q_{SGN} = 21,22 \frac{kN}{m}$$

Ponieważ nad otworem okiennym występują dwa nadproża, wartość nośności ulegnie podwojeniu:

$$q_{n,Rd} = 2 \cdot 21,22 = 42,44 \frac{kN}{m} > q_{n,Ed} = 13,056 \frac{kN}{m}$$

Nadproże zostało dobrane poprawnie.

Tabela Z.1. Momenty bezwładności zastępczego żebra stropów marki Czamaninek

Rodzaj stropu		Moment bezwładności zastępczego przekroju żebra stropu
EU60 H20		$I_z = 1,66 \cdot 10^{-4} m^4$
EU60 H24		$I_z = 2,78 \cdot 10^{-4} m^4$
EU70 H24		$I_z = 2,94 \cdot 10^{-4} m^4$
EU60 R60/R120 H24		$I_z = 2,84 \cdot 10^{-4} m^4$
EU60 R60/R120 H30		$I_z = 5,31 \cdot 10^{-4} m^4$
TERIVA 6.0/8.0		$I_z = 5,26 \cdot 10^{-4} m^4$

W celu uzyskania momentu bezwładności stropu o innej sztywności niż podana w powyższej tabeli dla pojedynczych żeber można posłużyć się wzorem:

$$I_{zb} = I_z \cdot \frac{b}{b_z} \quad (61)$$

gdzie:

I_{zb} -

moment bezwładności stropu o szerokości b ;

I_z -

moment bezwładności pojedynczego żebra stropu;

b_z -

osiowy rozstaw żeber stropu.

Literatura:

Publikacje:

- [1] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A. Konstrukcje murowe według Eurokodu 6 i norm związanych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2020
- [2] Dz.U.2019.0.1065 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie wraz z późniejszymi zmianami

Normy:

- [N1] PN-EN 1996-1-1:2010/NA:2010/Ap1:2010 Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [N2] PN-EN 1996-3:2010/NA:2010 Projektowanie konstrukcji murowych. Część 3: Uproszczone metody obliczania murowych konstrukcji niezbrojonych
- [N3] PN-EN 1052-1:2000 Metody badań murów – Określenie wytrzymałości na ściskanie
- [N4] PN-EN 1990:2004/Ap1:2004/Ap2:2010/A1:2008/AC:2010/NA:2010 Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji
- [N5] PN-EN 1991-1-4:2008/NA:2010/A1:2010/AC:2009/Ap1:2010/Ap2:2010/Ap3:2011 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [N6] PN-EN 1991-1-1:2004/NA:2010/AC:2009/Ap1:2010/Ap2:2011/Ap3:2011 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.

Zyskaj przewagę nad konkurencją już na starcie inwestycji. Do każdej naszej ściany możemy przygotować dla Ciebie dokładną dokumentację techniczną, którą otrzymasz razem z dostawą na plac budowy. Dokumentacja zawiera szczegółowe kłady ścian wraz z precyzyjną lokalizacją każdego pustaka! Otrzymasz ją wraz ze wsparciem naszego działu technicznego oraz opieką handlowca, który zadba o to, by Twoje zamówienie było realizowane zgodnie z najwyższym standardem.

Kład ściany 7, 20, 31

Zestawienie pustaków ściennych - ściana 7

Typ	Ilość
Liatop Start	44

Zestawienie pustaków ściennych - ściana 20

Typ	Ilość
AKU K5 12,5	5
AKU K5 25	10
AKU K5 37,5	174
Podmurówka AKU 12,5	2
Podmurówka AKU 25	1
Podmurówka AKU 37,5	32

Zestawienie pustaków ściennych - ściana 31

Typ	Ilość
AKU K5 25	10
AKU K5 37,5	32

LEGENDA

- PUSTAK LIATOP START
- PUSTAK AKU K5 37,5
- PUSTAK AKU K5 25 "POŁÓWKA"
- PUSTAK AKU K5 12,5 "ĆWIARTKA"
- PUSTAK CIĘTY (KOLOR WG TYPU)
- ELEMENT MUROWY UZUPEŁNIAJĄCY

Zestawienie nadproży NLC 11,5X11,5

Nr ściany	Długość	Liczba sztuk
20	124	6

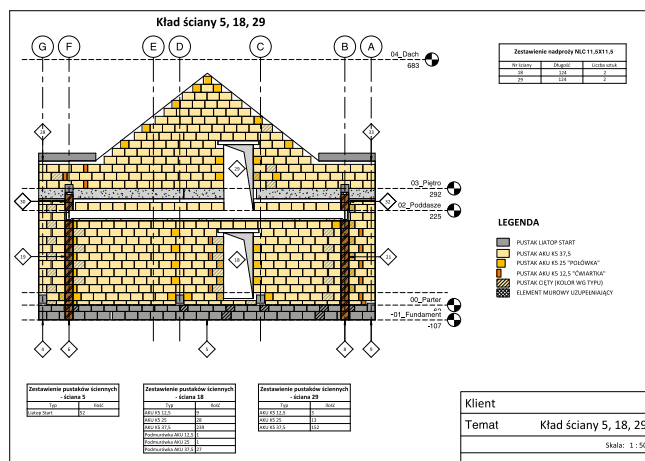
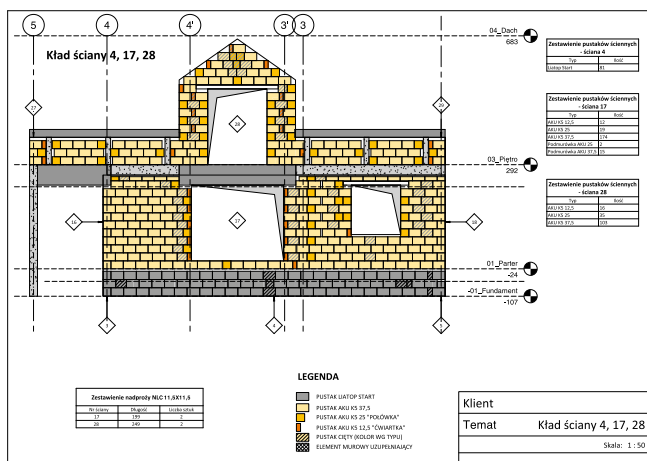
Klient

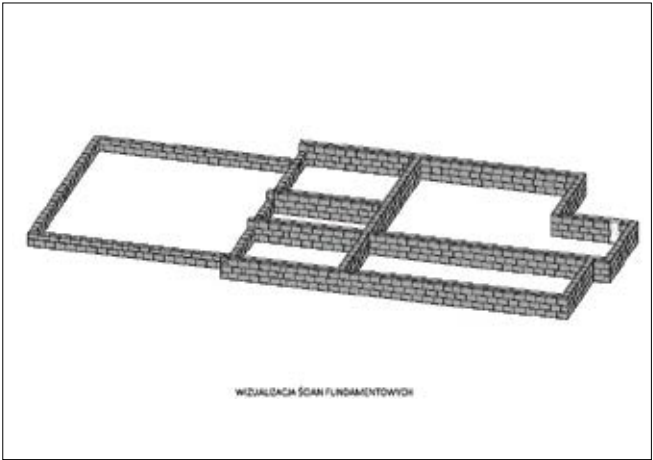
Temat: Kład ściany 7, 20, 31

Skala: 1 : 50

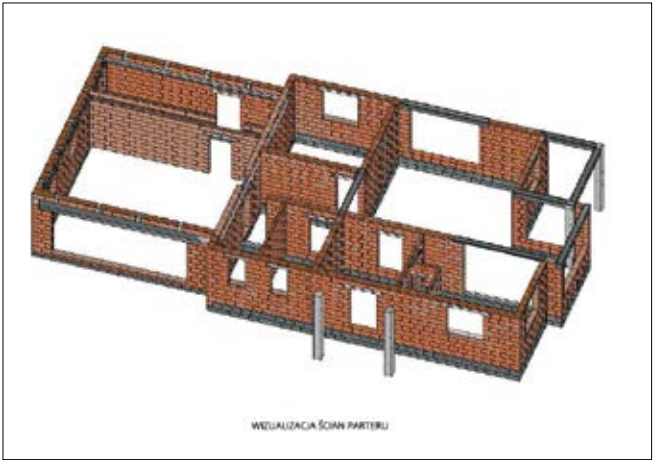
Szczegółowe rysunki ścian
wraz z dokładną lokalizacją
każdego pustaka

Dokładna kalkulacja produktów niezbędnych do wykonania elementu konstrukcji





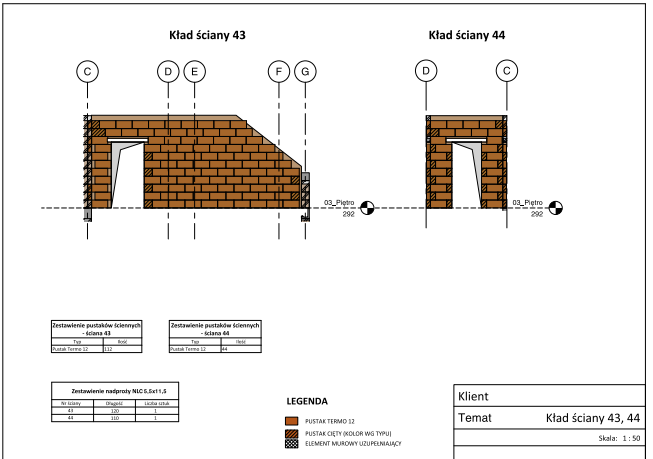
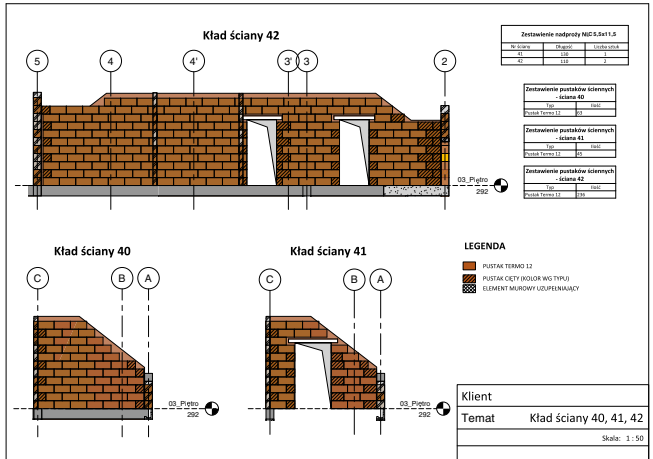
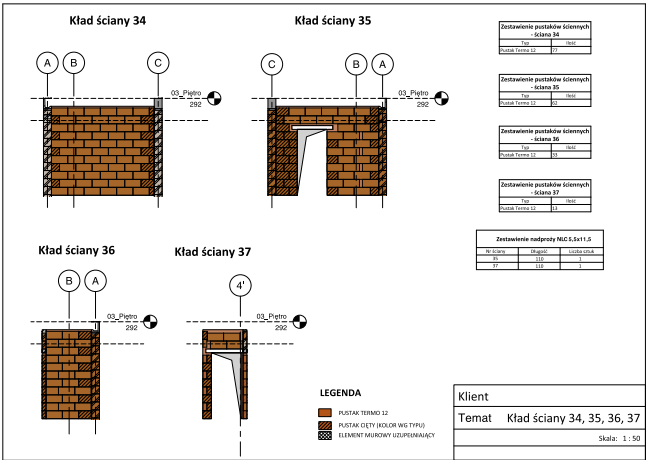
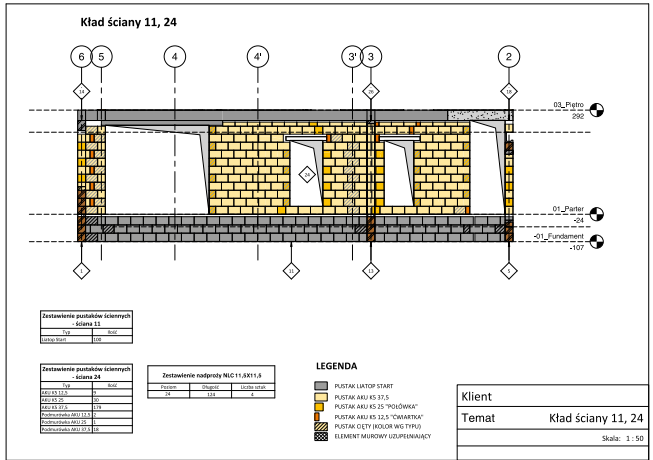
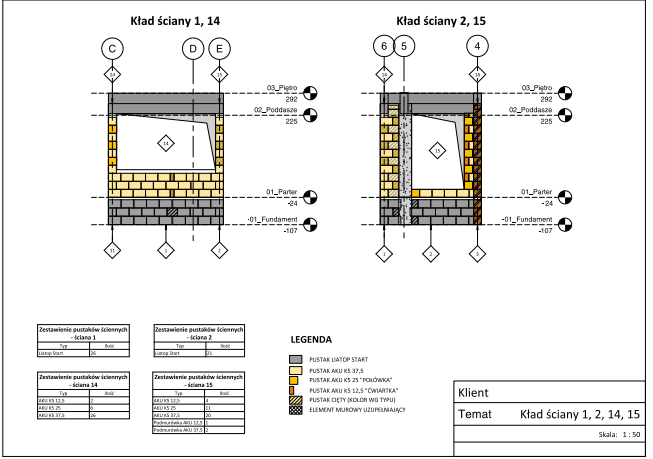
WIZUALIZACJA ŚCIAN FUNDAMENTOWYCH



WIZUALIZACJA ŚCIAN PARTERU



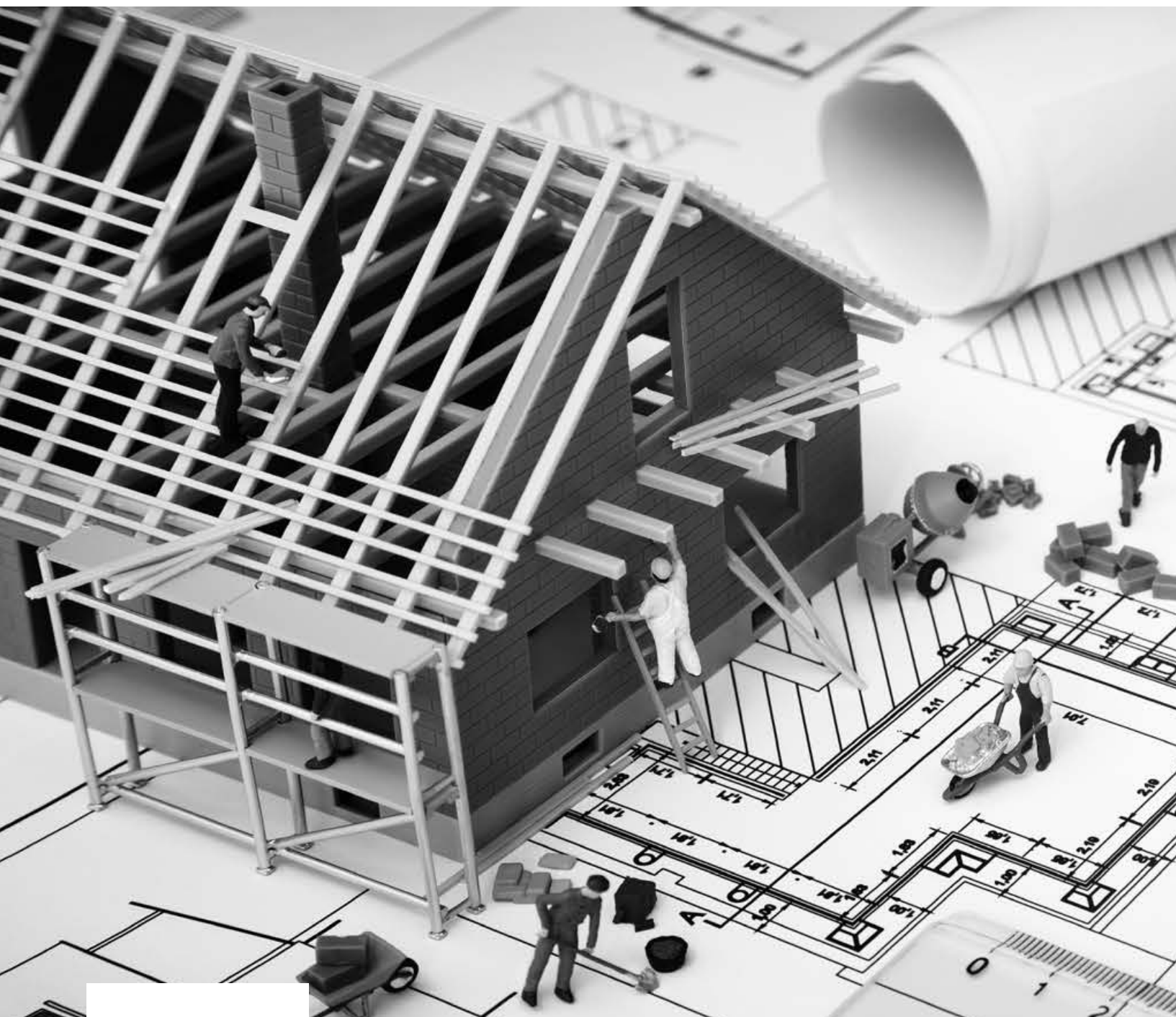
WIZUALIZACJA ŚCIAN PIĘTRA





facebook.com/czamaninek

www.czamaninek.pl



#mocwjakosci

CZAMANINEK

CZAMANINEK Sp. z o.o.
Producent Materiałów Budowlanych
Czamaninek 3, 87-875 Topółka
tel. 609 22 88 01, 54 286 94 44
NIP: 8891519787
czamaninek@wp.pl

BIURO
PROJEKTOWO - KONSTRUKCYJNE
CZAMANINEK - REGEN PROJECT
Kochanowskiego 7 (4. piętro)
60-845 Poznań
tel: 883 907 905, 733 906 908
czamaninek@regenproject.com