

H+H SYSTEM TEMPO **P R O**

Wytyczne projektowe

Listopad 2025

H+H
TEMPO **P R O**

Spis treści

Uproszczone wytyczne projektowania konstrukcyjnego ścian działowych w H+H Systemie TEMPO PRO	3
1. H+H System TEMPO PRO	4
2. Ściany działowe i wymagania im stawiane	4
3. Dane techniczne elementów H+H Systemu TEMPO PRO oraz materiałów współpracujących	5
4. Ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO nieobciążone - według metody uproszczonej PN-EN 1996-3	7
5. Ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO obciążone równomiernie zgodnie z PN-EN 1996-1-1	10
6. Przykłady obliczeniowe – ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO obciążone elementami wyposażenia zawieszonymi na ścianach	12
7. Uwagi/Komentarze	22

Uprozczone wytyczne projektowania konstrukcyjnego ścian działowych w H+H Systemie TEMPO PRO

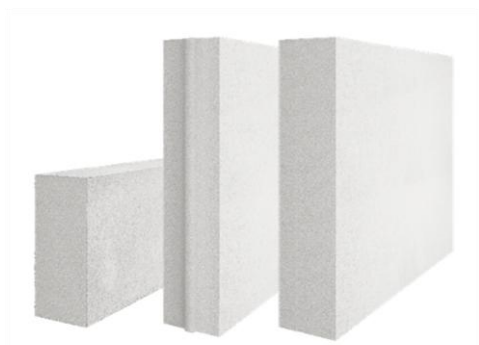
Opracowanie przeznaczone jest dla projektantów zajmujących się projektowaniem przegród działowych z wykorzystaniem elementów H+H Systemu TEMPO PRO.

Projektanci znajdą w nim informacje techniczne dotyczące elementów wchodzących w skład H+H Systemu TEMPO PRO oraz upraszczające proces projektowania tabele zbiorcze zawierające maksymalne długości ścian uzależnione od charakteru pracy ściany, jej schematu zamocowania oraz wysokości. Zeszyt techniczny uzupełniony jest o przykłady obliczeniowe, których algorytmy opracowane według obowiązujących norm, mogą posłużyć konstruktorom jako wzory przeliczeniowe dla konkretnych przypadków występujących w projektach danych inwestycji. Wytyczne projektowe obejmują swoim zakresem ściany działowe nieobciążone a także ściany obciążone takimi wpływami jak zawieszenie na ścianach ciężkich przedmiotów wyposażenia, siły poziome charakterystyczne dla ścian pełniących funkcję barier czy okresowe ciśnienie wewnętrzne od wiatru. Opracowanie zawiera również po raz pierwszy na rynku uwzględnienie wpływu zastosowania H+H Cienkowarstwowej zaprawy z ziarnem podporowym na wzrost wytrzymałości ścian działowych wykonywanych w H+H Systemie TEMPO PRO, a co za tym idzie potencjalną możliwość projektowania ścian o większych wysokościach i długościach. Ta kompleksowość i innowacyjność opracowania stawia je w pozycji unikalnego wsparcia skierowanego do projektantów.

Niniejsze wytyczne mają charakter informacyjny. Dane techniczne, wyniki obliczeń, tabele i przykłady zawarte w opracowaniu oparte są na badaniach przeprowadzonych w określonych warunkach laboratoryjnych i mogą nie odzwierciedlać wszystkich warunków rzeczywistych i nie gwarantują osiągnięcia takich samych wyników w każdym przypadku. Producent nie ponosi odpowiedzialności za wykorzystanie informacji zawartych w dokumencie bez ich uprzedniej weryfikacji przez uprawnionego projektanta oraz sprawdzenia aktualnie obowiązujących przepisów i norm.

1. H+H System TEMPO PRO

H+H System TEMPO PRO jest to zestaw elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego przeznaczony do wykonywania ścian działowych w każdym typie budynków a szczególnie do wykonywania ścian działowych w budownictwie mieszkaniowym. System składa się z H+H Paneli TEMPO PRO oraz gotowych nadproży H+H TEMPO PRO N (Fot. 1.). Z elementów systemu wykonuje się ściany działowe o szerokościach 7,5 cm i 10 cm montowane z Paneli występujących w dwóch wersjach: z powierzchniami czołowymi gładkimi i z wyprofilowanym systemem pióro-wpust (PW).



Fot. 1. Elementy składowe Systemu TEMPO PRO

Niezależnie od wybranej wersji wszystkie spoiny w ścianach działowych H+H Systemu TEMPO PRO należy wypełniać zaprawą H+H do cienkich spoin (Fot. 2.). Rekomendowaną zaprawą jest H+H Cienkowarstwowa biała zaprawa klejąca z ziarnem podporowym (więcej informacji na stronie www.hplush.pl/pl-pl/produkty/zaprawy-i-akcesoria).



Fot. 2. Systemowe zaprawy do cienkich spoin

2. Ściany działowe i wymagania im stawiane

Ściany działowe definiowane są jako wewnętrzne przegrody budowlane, których głównym zadaniem jest funkcjonalne wydzielenie przestrzeni w obrębie jednego lokalu – najczęściej mieszkania ale też biura czy innego pomieszczenia użytkowego. Są to przegrody niekonstrukcyjne, co oznacza, że nie przenoszą obciążeń z konstrukcji budynku i mogą być dowolnie rozmieszczane lub usuwane bez wpływu na stabilność całej konstrukcji.

Mimo że ściany działowe nie pełnią funkcji nośnych, muszą spełniać szereg wymagań technicznych, które zapewniają ich trwałość, bezpieczeństwo i komfort użytkowania:

- **Odporność mechaniczna:**
Ściany powinny być odporne na uderzenia (np. przypadkowe uderzenia mebli). Muszą przenosić obciążenia użytkowe, takie jak zawieszone półki czy szafki (obciążenia mimośrodowe i punktowe),
- **Sztywność i stateczność:**
Wymagana jest odpowiednia sztywność, zależna od proporcji wysokości do grubości ściany (smukłość). Dla ścian podpartych jedynie na górnej i dolnej krawędzi stosunek wysokości do grubości h/t nie powinien przekraczać 30,
- **Izolacyjność akustyczna:**
Ściany działowe powinny zapewniać odpowiedni poziom tłumienia dźwięków. Wymagana izolacyjność akustyczna (R_{A1R}) wynosi np. 35 dB dla ścian między pokojami, a 38 dB dla ścian oddzielających pokój od pomieszczenia sanitarnego,
- **Odporność ogniowa:**
Ściany działowe niebędące częścią głównej konstrukcji nośnej w zależności od klasy pożarowej budynku powinny spełniać odpowiednie wymagania. Np. dla wysokiego budynku mieszkalnego (kategoria zagrożenia ZL IV) wymagana klasa odporności ogniowej ściany to EI 30,
- **Izolacyjność cieplna:**
Choć nie jest to wymóg podstawowy, w niektórych przypadkach (np. w budynkach energooszczędnych) oczekuje się również dobrej izolacyjności termicznej,
- **Możliwość adaptacji:**
Ze względu na zmieniające się potrzeby użytkowników, ściany działowe powinny być stosunkowo łatwe do demontażu,

3. Dane techniczne elementów H+H Systemu TEMPO PRO oraz materiałów współpracujących

3.1. H+H Panele TEMPO PRO

H+H System TEMPO PRO składa się z H+H Paneli TEMPO PRO produkowanych w szerokościach 7,5 cm i 10 cm oraz wytwarzanych w dwóch wersjach: z powierzchniami czotowymi gładkimi i z wyprofilowanym systemem piórowpust (PW) (Tab. 1.).

3.2. H+H Nadproża TEMPO PRO N

Elementem składowym H+H Systemu TEMPO PRO są H+H Nadproża TEMPO PRO N. Są to elementy z betonu komórkowego tworzące lekki, gotowy wariant nadproża w ścianach działowych nad otworami drzwiowymi (Tab. 2.).

3.2. Zaprawy murarskie systemowe

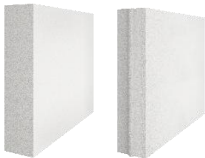
Do wykonywania ścian działowych w H+H Systemie TEMPO PRO stosuje się zaprawy murarskie do cienkich spoin o grubości od 0,5 do 3 mm – z reguły 2 mm. Zaprawy do cienkich spoin są fabrycznie przygotowanymi mieszankami murarskimi, gotowymi do użycia po dodaniu wody. Zaprawy

murarskie dzieli się na klasy oznaczone literą M i liczbą odpowiadającą wytrzymałości zaprawy na ściskanie f_m w MPa. Systemowe zaprawy H+H mają klasy M5 i M10. H+H w swojej ofercie handlowej ma trzy rodzaje zapraw do cienkich spoin: M5 w wersji letniej, M10 w wersji zimowej oraz M10 w wersji letniej z ziarnem podporowym (Tab. 3.).

3.3. Kotwy i łączniki

Ściany działowe łączy się z elementami konstrukcji budynku zazwyczaj za pomocą specjalnych metalowych łączników. Rodzaj zastosowanego łącznika zależy od przyjętego schematu podparcia ściany. Zestawienie łączników podano w Tablicy 4.

Tablica. 1. Dane techniczne H+H Paneli TEMPO PRO

	Rodzaj elementu	Średnia wytrzymałość na ściskanie	Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_{10, dry, S2}$ [W/(m·K)]	Izolacyjność akustyczna ¹⁾ [dB]		Klasa odporności ogniowej (ściany otynkowanej i nieotynkowanej) ²⁾		Waga bloczka w stanie suchym [kg]	Zużycie sztuk na 1m ² ściany [szt./m ²]
	gęstość [kg/m ³]			Wskaźnik podstawowy					
	wymiary [mm] (dł./szer./wys.)			Ściany wewnętrzne					
	H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700	6,0	0,185	R _w = 40 (0;-2)		α = 0	EI 120	12,6	4,17
	675 ± 25			R _{A1} = 40	R _{A1R} = 38				
	500/75/480								
	H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700	6,0	0,185	R _w = 41 (-1;-4)		α = 0	EI 240	16,8	4,17
	675 ± 25			R _{A1} = 40	R _{A1R} = 38				
	500/100/480								
¹⁾ Wartości izolacyjności akustycznej ścian uzyskane podczas badań laboratoryjnych według wytycznych normy PN-EN ISO 10140-2:2021-10 „Akustyka - Pomiar laboratoryjny izolacyjności akustycznej elementów budowlanych -Część 2: Pomiar izolacyjności od dźwięków powietrznych” z obustronnym wykończeniem ścian gładziami cienkowarstwowymi o grubości 3 mm.									
²⁾ Klasyfikacja odporności ogniowej według PN-EN 1996-1-2:2010									

Tablica. 2. Dane techniczne H+H Nadproży TEMPO PRO N

	Rodzaj elementu	Maksymalna szerokość światła otworu [m]	Głębokość oparcia [mm]	Dopuszczalne obciążenie q_k przy zachowaniu głębokości oparcia $a \geq 200$ mm [kN/m]	Waga elementu [kg]
	gęstość [kg/m ³]				
	wymiary [mm] (dt./szer./wys.)				
	H+H Gold+ Nadproże TEMPO PRO N	1,10	200	2,0	16,9
	575 ± 25				
	1500/75/250				
	H+H Gold+ Nadproże TEMPO PRO N	1,10	200	2,0	22,5
	575 ± 25				
	1500/100/250				

Tablica. 3. Dane techniczne systemowych zapraw murarskich H+H

	Nazwa	Wytrzymałość na ściskanie	Początkowa wytrzymałość charakterystyczna spoiny na ścinanie (wartość tab. wg załącznika C normy EN 998-2:2016)	Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_{10, dry, mat}$ (wartości tab. EN 1745:2012)	Dane wykonawcze			
	Wersja sezonowa				Zaprawa zdolna do użycia po wymieszaniu	Czas otwarty	Czas korekty bloczków	Uziarnienie
	H+H Cienkowarstwowa biała zaprawa klejąca z ziarnem podporowym	M10	0,3	$\leq 0,49$ dla P = 50% $\leq 0,53$ dla P = 90%	ok. 2,0 h	ok. 15 min.	ok. 10 min.	0 ÷ 1,2 mm
	Letnia							
	H+H Cienkowarstwowa biała zaprawa klejąca do betonu komórkowego i silikatów	M5	0,3	$\leq 0,49$ dla P = 50% $\leq 0,53$ dla P = 90%	ok. 2,5 h	ok. 15 min.	ok. 10 min.	0 ÷ 0,8 mm
	Letnia							
	H+H Cienkowarstwowa biała zaprawa klejąca do betonu komórkowego i silikatów	M10	0,3	$\leq 0,49$ dla P = 50% $\leq 0,53$ dla P = 90%	ok. 1,5 h	ok. 15 min.	ok. 10 min.	0 ÷ 0,8 mm
	Zimowa							

Tablica. 4. Zestawienie łączników metalowych stosowanych przy ścianach działowych

Rodzaj elementu		Zastosowanie	Nośność
P30		Element służący do połączeń między ścianami z elementów o tym samym module wysokości. Zastępuje przewiązania murarskie między ściankami.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,2 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN
K1		Element służący do połączeń ścian z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń ścian wykonanych z elementów o różnym module wysokości.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 0,81 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,4 kN
K2		Element służący do połączeń ścian z konstrukcją żelbetową lub z istniejącym murem, a także do połączeń ścian wykonanych z elementów o różnym module wysokości. Cechuje się większą nośnością niż K1.	Charakterystyczna nośność na rozciąganie 1,0 kN Charakterystyczna nośność na ścinanie 1,63 kN
DS		Element służący do połączeń ścian działowych ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,9 kN
DS2		Element służący do połączeń ścian działowych ze stropem z zachowaniem dylatacji. Umożliwia częściową kompensację odkształceń.	Charakterystyczna nośność na ścinanie 0,45 kN

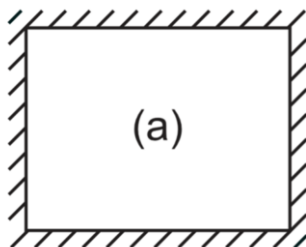
4. Ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO nieobciążone - według metody uproszczonej PN-EN 1996-3

4.1. Ściany działowe wykonane w H+H Systemie TEMPO PRO mogą pracować jako przegrody nieobciążone. Do projektowania takich ścian można wówczas wykorzystać normę PN-EN 1996-3 i jej Załącznik B. Wyniki określone według Załącznika B mogą być uwzględniane w przypadku spełnienia łącznie następujących wymagań:

- Ściana jest usytuowana wewnątrz budynku,
- Zewnętrzne ściany elewacyjne budynku nie są osłabione dużymi otworami drzwiowymi (patrz. pkt 4.4.) lub innymi podobnymi,
- Ściana oddziela pomieszczenia o małym ruchu osób (na przykład pokoje i korytarze w budynkach mieszkalnych, biurowych i hotelowych) i podlega wyłącznie ograniczonym obciążeniom prostopadłym do jej powierzchni wynikającym z ruchu ludzi,
- Ściana poza ciężarem własnym nie podlega działaniu żadnego obciążenia stałego i zmiennego (na przykład od wiatru),
- Ściana nie stanowi podparcia dla ciężkich przedmiotów takich jak meble, wyposażenie sanitarne lub grzewcze,
- Odkształcenia innych części budynku (na przykład ugięcia stropów) lub działania związane z funkcją budynku nie mają wpływu na nośność i stateczność ścian,
- Maksymalna długość ściany jest mniejsza lub równa 12,0 m.

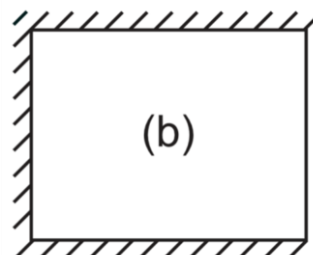
4.2. Tablice zbiorcze zawierające maksymalne długości ścian uzależnione od wysokości ścian opracowane zostały dla czterech najczęściej występujących w praktyce schematów podparcia:

a) Ściana działowa poparta na czterech krawędziach,



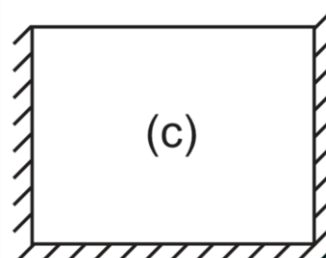
Rys. 1. Schemat ściany działowej podpartej na czterech krawędziach.

b) Ściana działowa podparta na trzech krawędziach – jedna krawędź pionowa wolna,



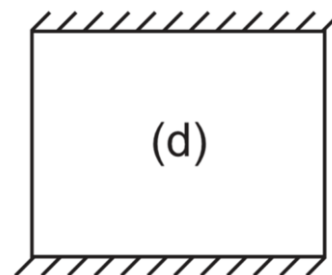
Rys. 2. Schemat ściany działowej podpartej na trzech krawędziach – jedna krawędź pionowa wolna.

c) Ściana podparta na dolnej krawędzi oraz obu krawędziach pionowych,



Rys. 3. Schemat ściany działowej podpartej na trzech krawędziach – dolnej oraz obu pionowych.

d) Ściana podparta na dwóch krawędziach – podparta w poziomie stropów.

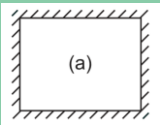


Rys. 4. Schemat ściany działowej podpartej na dwóch krawędziach – poziomych dolnej oraz górnej.

4.3. Wysokość ścian podpartych jedynie na dolnej i górnej krawędzi – schemat (d) (Rys. 4.) nie może być większa niż 30t, gdzie t oznacza grubość ściany ($h \geq 30t$).

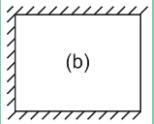
4.4. Wpływ otworów w ścianach działowych można pominąć pod warunkiem, że łączna powierzchnia otworów nie przekracza 2,5 % powierzchni ściany oraz maksymalna powierzchnia pojedynczego otworu jest nie większa niż 0,1 m², a długość lub szerokość pojedynczego otworu jest nie większa niż 0,5 m.

Tablica. 5. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (a) – ściana bez otworów

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm	8,0	6,0	4,0		
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	12,0	12,0	10,0	8,0	6,0

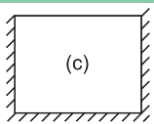
¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo

Tablica. 6. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (b) – ściana bez otworów

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm	4,3	3,7	3,2		
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	12,0	6,0	5,5	5,0	4,5

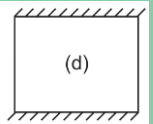
¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo

Tablica. 7. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (c) – ściana bez otworów

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm	3,8	3,6	3,4		
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5

¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo

Tablica. 8. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (d) – ściana bez otworów. Wysokość ścian w schemacie (d) nie może być większa niż 30t, gdzie t oznacza grubość ściany ($h \geq 30t$)

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm	(^)	(*)	(*)		
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	12,0	12,0	(*)	(*)	(*)

¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo

(^) – maksymalna wysokość ściany o grubości 75 mm wynosi 2,25 m – dla tej wysokości $l = 9,0$ m

(*) – brak możliwości określenia z uwagi na przekroczenie warunku $h < 30t$

4.5. W przypadku ścian z otworami, ściana typu (a) (Rys. 5a.) z otworem niespełniającym wymagań podanych w pkt 4.4. powinna być rozpatrywana jako ściana o schemacie (b), w której l jest większą z wartości l_1 i l_2 (Rys. 5a.).

Wytyczne podane w niniejszym rozdziale można stosować do ścian z otworami typu (d) (Rys. 5b.), jeżeli $l_3 \geq 2/3 l$ oraz $l_3 \geq 2/3 h$ (Rys. 5b.) osobno dla lewej, środkowej oraz prawej części.

4.6. Połączenia ścian działowych z elementami konstrukcji (np. stropy, boczne konstrukcje murowe) należy

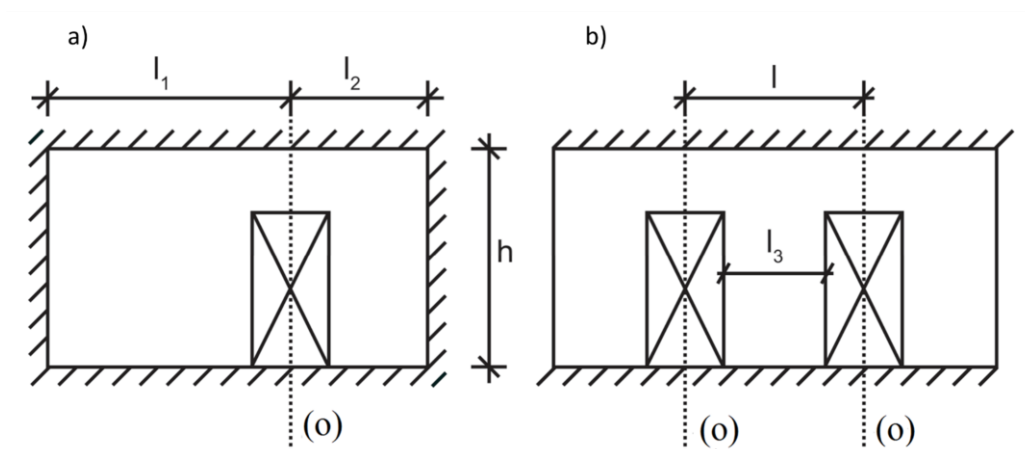
odpowiednio zaprojektować. Połączenie górnej krawędzi ścian w celu realizacji schematów (a), (b) oraz (d) powinno być wykonane za pomocą łączników umożliwiających przesuw w kierunku prostym do płaszczyzny ściany (np. łączniki typu DS montowane co drugą spoinę pionową) (Fot. 3.). Natomiast połączenie bocznych krawędzi ścian w celu realizacji schematów (a), (b) i (c) powinno być wykonywane za pomocą łączników mechanicznych typu P30, K1 lub K2 (Fot. 4.). Z uwagi na wysokość elementu murowego połączenie to musi być wykonywane w każdej spoinie.



Fot. 3. Łącznik DS w połączeniu ściany działowej z konstrukcją w górnej krawędzi.



Fot. 4. Połączenie ściany działowej w Systemie TEMPO PRO z konstrukcją boczną (np. łącznik K2).



Rys. 5. Ściany działowe z otworami: a) ściana typu (a), b) ściana typu (d), (o) – oś otworu drzwiowego zlokalizowanego w ścianie działowej.

5. Ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO obciążone równomiernie zgodnie z PN-EN 1996-1-1

5.1. Ściany działowe wykonane w H+H Systemie TEMPO PRO mogą pracować jako przegrody obciążone, np. ciśnieniem wewnętrznym od oddziaływań wiatru. Takie obciążenie może być uwzględniane jako obciążenie prostopadłe do płaszczyzny ściany i równomiernie rozłożone na jego powierzchni. Wyrażone jest zwykle w kN/m². Równomiernie rozłożone poziome oddziaływanie na ścianach działowych może wystąpić między innymi w sytuacjach przejściowych i awaryjnych (wykonywanie ścian działowych przed wykonaniem ścian ostonowych, przed wykonaniem stropów, itp.).

W rozdziale 5 analizie poddane zostały ściany działowe wykonane w H+H Systemie TEMPO PRO poddane obciążeniu działającemu prostopadłe do płaszczyzny ścian o wartościach nie większych od 0,3 kN/m² (wartość obliczeniowa). Wartość ta odpowiada budynkom zlokalizowanym w 1 strefie wiatrowej, w terenie kategorii nie niższej niż III i dla których można przyjąć wartości współczynników $C_{pi}^{(p)} = 0,2$ i $C_{pi}^{(p)} = -0,3$.

5.2. Obliczenia wykonano zgodnie z normą PN-EN-1996-1-1. W obliczeniach ścian opartych na trzech lub czterech krawędziach (schematy (a), (b) i (c) – rozdział 4 - Rys. 1., Rys. 2. oraz Rys. 3.) wykorzystano załącznik D normy, natomiast dla ścian opartych na dolnej i górnej krawędzi (schemat (d) – rozdział 4 – Rys. 4.) przyjęto założenie o przegubowym podparciu na obu krawędziach. Ściany sprawdzono z uwagi na zginanie od obciążenia równomiernie rozłożonego na powierzchni ściany (p_h) w kN/m² w dwóch kierunkach: prostopadłym i równoległym do spoin wspornych.

5.3. Po analizie wyników badań murów z elementami z betonu komórkowego na cienkie spoiny, dotychczas przeprowadzanych w Polsce, oraz po analizie badań przeprowadzonych od grudnia 2024 roku do kwietnia 2025 przez Politechnikę Krakowską, przyjęto do obliczeń – zgodnie z pracą „Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe oraz badania doświadczalne ścian działowych z produktów H+H oraz przygotowanie opracowania umożliwiającego podanie wytycznych do projektowania – Ściany działowe z elementów murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego” następujące wartości wytrzymałości murów na rozciąganie przy zginaniu:

- dla murów z wypełnionymi spoinami pionowymi na zaprawie M5 wykonanych z elementów murowych

H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 75 mm oraz
H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 100 mm:

- $f_{xk1} = 0,035 \cdot f_b$ i nie mniej niż 0,17 MPa, (1)
- $f_{xk2} = 0,035 \cdot f_b$ i nie mniej niż 0,17 MPa, (2)

- dla murów z wypełnionymi spoinami pionowymi na zaprawie M10 z ziarnem podporowym wykonanych z elementów murowych H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 75 mm:

- $f_{xk1} = 0,30 \text{ MPa}$, (3)
- $f_{xk2} = 0,30 \text{ MPa}$, (4)

gdzie: f_b = znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych.

5.4. Tablice zbiorcze prezentujące wyniki w postaci maksymalnych długości ścian działowych (l_{max}) dla ścian opartych na trzech lub czterech krawędziach (schematy (a), (b) i (c)) zawierają wyniki uzyskane dla obciążenia równomiernie rozłożonego p_{hd} o wartości obliczeniowej 0,3 kN/m². W obliczeniach ścian działowych opartych tylko na dolnej i górnej krawędzi (schemat (d)) decydujący jest przypadek zniszczenia w płaszczyźnie równoległej do spoin wspornych. Dlatego w Tablicy 13 podano dodatkowo wartości maksymalnych wartości obciążenia p_{hd} , jakie mogą przenieść ściany pracujące w tym schemacie.

5.5. Jeżeli ściana działowa jest narażona na działanie obciążenia poziomego liniowego q_d w kN/m zlokalizowanego na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany (ściany ograniczające i spełniające funkcję barier), to maksymalną wartość tego obciążenia dla ścian pracujących w schemacie (d) można określić na podstawie zależności:

$$q_d = 0,1042 p_{hd} \frac{h^2}{\left(1 - \frac{1,2}{h}\right)} \quad (5)$$

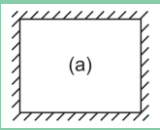
w której: h – wysokość ściany w metrach, p_{hd} – wartość obciążenia równomiernie rozłożonego w kN/m².

Wartość współczynnika przeliczeniowego podano w Tablicy 9.

Tablica. 9. Wartości współczynnika wyrażającego iloraz q_d / p_{hd} (na podstawie zależności (5))

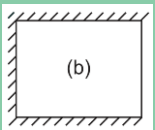
Wysokość ściany (h) [m]	q_d / p_{hd} [m]
2,5	1,25
3,0	1,56
3,5	1,93

Tablica. 10. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (a) – ściana bez otworów – obciążenie obliczeniowe $p_{hd} = 0,3 \text{ kN/m}^2$

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		3,1 [5,3]	2,5 [3,7]	2,3 [3,1]		
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm					
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	8,3	5,1	4,0	3,4	3,2

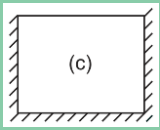
¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo
 [...] wartości dla murów na zaprawie M10 z ziarnem podporowym

Tablica. 11. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (b) – ściana bez otworów – obciążenie obliczeniowe $p_{hd} = 0,3 \text{ kN/m}^2$

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		1,6 [2,8]	(-) [1,8]	(-) (-)		
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm					
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	5,2	2,5	1,8	(-)	(-)

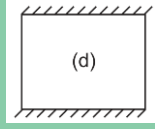
¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo
 [...] wartości dla murów na zaprawie M10 z ziarnem podporowym
 (-) przy obciążeniu $p_{hd} = 0,3 \text{ kN/m}^2$ nie stosuje się

Tablica. 12. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (c) – ściana bez otworów – obciążenie obliczeniowe $p_{hd} = 0,3 \text{ kN/m}^2$

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		2,0 [2,6]	2,0 [2,4]	1,9 [2,3]		
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm					
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	3,4	2,8	2,7	2,6	2,5

¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo
 [...] wartości dla murów na zaprawie M10 z ziarnem podporowym

Tablica. 13. Maksymalne długości ścian działowych (l_{max}) murowanych z elementów w H+H Systemie TEMPO PRO – schemat (d) – ściana bez otworów – obciążenie obliczeniowe $p_{hd} = 0,16 \div 0,22 \text{ kN/m}^2$. Wysokość ścian w schemacie (d) nie może być większa niż 30t, gdzie t oznacza grubość ściany ($h \geq 30t$)

	Rodzaj elementu murowego / grubość ściany	Maksymalna długość ściany (l_{max}) w metrach przy wysokości ściany ¹⁾ h [m]				
		2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
		(^)	(*)	(*)		
	H+H Panel TEMPO PRO / 75 mm					
	H+H Panel TEMPO PRO / 100 mm	12,0 (0,22 kN/m ²)	12,0 (0,16 kN/m ²)	(*)	(*)	(*)

¹⁾ Wartości dla pośrednich wysokości ścian można interpolować liniowo
 (...) kN/m² – maksymalne dopuszczalne obciążenie poziome p_{hd} na ścianę (wartość obliczeniowa)
 (^) – maksymalna wysokość ściany o grubości 75 mm wynosi 2,25 m – dla tej wysokości $l = 9,0 \text{ m}$, $p_{hd} = 0,16 \text{ kN/m}^2$ [0,22 kN/m²] – wartość w [...] dotyczy murów na zaprawie M10 z ziarnem podporowym
 (*) – brak możliwości określenia z uwagi na przekroczenie warunku $h < 30t$

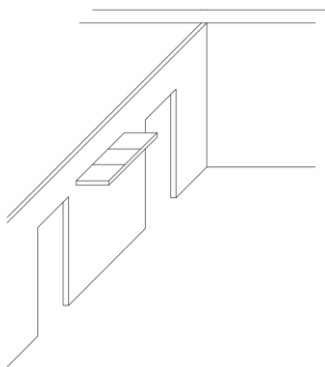
5.6. Biorąc pod uwagę wartości podane w Tablicy 9 można stwierdzić, że ściany działowe pracujące w schemacie (d) przenoszą obciążenia liniowe q_d zlokalizowane na

wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ścian o wartościach od 0,2 kN/m do 0,33 kN/m (wartości obliczeniowe).

6. Przykłady obliczeniowe – ściany działowe w H+H Systemie TEMPO PRO obciążone elementami wyposażenia zawieszonymi na ścianach

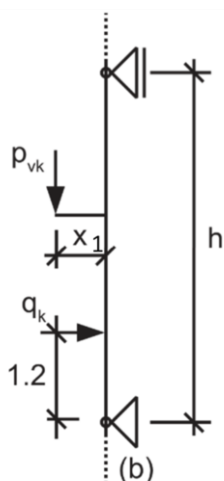
6.1. Przykład – Ściana działowa o grubości **75 mm** z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm wykonana **na zaprawie M10 z ziarnem podporowym** obciążona rzędem **pótek** mocowanych do ściany

W przykładzie założono schemat **ściany (d)** (Rys. 4., Rozdział 4.) – ściana podparta na dolnej i górnej krawędzi. Taki, najbardziej niekorzystny schemat statyczny może wystąpić w warunkach realnych jako ściana działowa z otworami drzwiowymi na odcinku ściany pomiędzy otworami.



Rys. 6. Schemat ściany działowej przyjętej do obliczeń w przykładzie 6.1.

Schemat statyczny ściany przedstawiono na Rys. 7.



Rys. 7. Schemat statyczny ściany działowej z układem obciążeń analizowanych w przykładzie – ściana obciążona rzędem półek – obciążenie p_{vk} w kN/m oraz ew. dodatkowe obciążenie q_k w kN/m na wysokości 1,2 m, (b) – oś ściany, x_1 – odległość obciążenia (p) od osi ściany, h – wysokość ściany.

Ściana działowa o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm jest obciążona rzędem półek mocowanych do ściany. Dodatkowo rozpatrywany jest wpływ obciążenia poziomego przyłożonego do ściany na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – co należy uwzględnić gdyby ściana pełniła funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

Dane do obliczeń:

- elementy wyposażenia mocowane do ściany: rząd półek z obciążeniem na półkach na wysokości 2,15 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,15$ kN/mb,
- rodzaj ściany działowej: ściana z elementów z betonu komórkowego na cienkie spoiny z wypełnionymi spoinami pionowymi,
- elementy murowe: H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 75 mm,
- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych: $f_b = 6$ MPa,
- założony współczynnik materiałowy: $\gamma_M = 1,7$,
- grubość ściany (bez warstw wykończeniowych): $t = 75$ mm,
- ramię działania obciążenia: $x_1 = 0,2$ m,
- wysokość ściany: $h = 2,65$ m,
- szerokość rozpatrywanego pasma ściany: 1,0 m

Obliczenia

Wartość obliczeniowa obciążenia (p_{vd}) – założono, że półki są statym elementem wyposażenia pomieszczenia:

$$p_{vd} = 0,15 \times 1,35 = 0,225 \text{ kN/m}$$

Określenie momentu zginającego od obciążenia (p_{vd}) w miejscu jego lokalizacji:

$$M_{Ed} = p_{vd} \times x_1 = 0,225 \times 0,2 = 0,045 \text{ kNm/m}$$

Reakcje na podporach

$$\text{dolna krawędź ściany: } M_{Ed} / h = 0,045 / 2,65 = 0,017 \text{ kN/m}$$

$$\text{górna krawędź ściany: } -M_{Ed} / h = -0,045 / 2,65 = -0,017 \text{ kN/m}$$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} (co do wartości bezwzględnej): $0,017 \times 2,15 = 0,0365 \text{ kN/m}$

Określenie nośności ściany

- wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xk1} = 0,30$ MPa,
- wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xd1} = f_{xk1} / \gamma_M = 0,30 / 1,7 = 0,177$ MPa,
- wskaźnik wytrzymałości przekroju: $Z = (1,0 \times t^2) / 6 = (1,0 \times 0,075^2) / 6 = 0,00094 \text{ m}^3$,

- nośność ściany:

$$M_{Rd1} = f_{xd1} \times Z = 0,177 \times 10^6 \times 0,00094 = 0,166 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,0365 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od rzędu obciążonych pótek jest wystarczająca.

Uwaga: Obliczenia nie dotyczą nośności elementów mocujących półki do ściany działowej.

Dla ścian narażonych na działanie dodatkowego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany obciążeniem q_d (kN/m):

- reakcja na dolnej krawędzi ściany od obciążenia q_d :
 $((h - 1,2) / h) q_d = ((2,65 - 1,2) / 2,65) q_d = 0,55 q_d$,
- maksymalny moment zginający od obciążenia q_d :
 $0,55 q_d \times 1,2 = 0,66 q_d$,
- moment zginający na wysokości 2,15 m od dolnej krawędzi: $0,45 q_d \times 0,5 = 0,225 q_d$,
- wartość dodatkowego obciążenia q_d jaką może przenieść ściana obciążona rzędem pótek (wartość obliczeniowa):
 $q_d = (M_{Rd1} - M_{Ed1}) / 0,66 = (0,166 - (1,2 \times 0,017)) / 0,66 = 0,152 / 0,66 = 0,221 \text{ kN/m}$,
- moment zginający w miejscu przyłożenia obciążenia p_{vd} :
 $0,017 \times 2,15 + 0,45 \times 0,221 \times 0,5 = 0,0366 + 0,0497 = 0,086 \text{ kNm/m}$

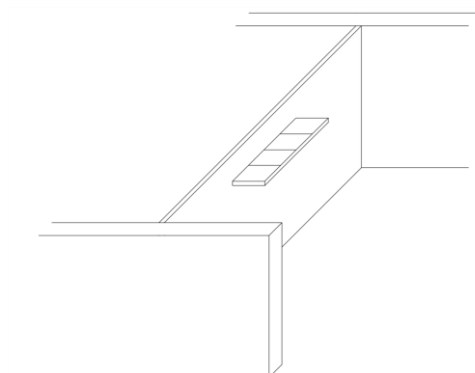
Minimalna wartość obciążenia poziomego podana w normie PN-EN 1996-1-1 wynosi 0,2 kN/m (wartość charakterystyczna). Biorąc pod uwagę współczynnik dla obciążeń zmiennych równy 1,5, uzyskuje się minimalną wartość obliczeniową obciążenia $q_d = 0,3 \text{ kN/m}$.

Analizowana ściana obciążona rzędem pótek nie spełnia dodatkowych wymagań obowiązujących w przypadku, gdy ściana powinna pełnić również funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

W celu spełnienia przez ścianę działową obciążoną rzędem pótek dodatkowych wymagań obowiązujących dla ścian pełniących funkcję barier należy zapewnić ścianie dodatkowe wzmocnienie.

6.2. Przykład – Ściana działowa o grubości **75 mm** z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm wykonana **na zaprawie M10 z ziarnem podporowym** obciążona rzędem półek mocowanych do ściany

W przykładzie założono schemat **ściany (a) (Rys. 1.)** – ściana podparta na czterech krawędziach.



Rys. 8. Schemat ściany działowej przyjętej do obliczeń w przykładzie 6.2.

Ściana działowa o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm jest obciążona rzędem półek mocowanych do ściany. Dodatkowo rozpatrywany jest wpływ obciążenia poziomego przyłożonego do ściany na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – co należy uwzględnić gdyby ściana pełniła funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

Dane do obliczeń:

- elementy wyposażenia mocowane do ściany: rząd półek z obciążeniem na półkach na wysokości 2,15 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,15 \text{ kN/mb}$,
- rodzaj ściany działowej: ściana z elementów z betonu komórkowego na cienkie spoiny z wypełnionymi spoinami pionowymi,
- elementy murowe: H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 75 mm,
- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych: $f_b = 6 \text{ MPa}$,
- założony współczynnik materiałowy: $\gamma_M = 1,7$,
- grubość ściany (bez warstw wykończeniowych): $t = 75 \text{ mm}$,
- ramię działania obciążenia: $x_1 = 0,2 \text{ m}$,
- wysokość ściany: $h = 2,65 \text{ m}$,
- długość ściany: $4,00 \text{ m}$,
- szerokość rozpatrywanego pasma ściany w kierunku x i y: $1,0 \text{ m}$

Obliczenia

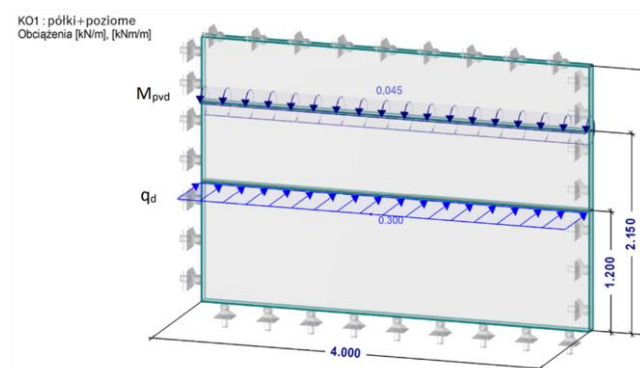
Wartość obliczeniowa obciążenia (p_{vd}) – założono, że półki są statym elementem wyposażenia pomieszczenia:

$$p_{vd} = 0,15 \times 1,35 = 0,225 \text{ kN/m}$$

Określenie momentu zginającego od obciążenia (p_{vd}) w miejscu jego lokalizacji:

$$M_{Ed} = p_{vd} \times x_1 = 0,225 \times 0,2 = 0,045 \text{ kNm/m}$$

Geometria modelu i obciążenia działające na ścianę przedstawiona na Rys. 9.



Rys. 9. Geometria ściany wraz z przyjętym obciążeniem od rzędu półek p_{vd} i ewentualnie obciążeniem poziomym q_d

Maksymalne momenty zginające wyznaczono na podstawie analizy numerycznej metodą elementów skończonych z wykorzystaniem programu RFEM 5, licencja Politechniki Krakowskiej nr 11684-01 (Praca: Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe oraz badania doświadczalne ścian działowych z produktów H+H oraz przygotowanie opracowania umożliwiającego podanie wytycznych do projektowania – grudzień 2024/kwiecień 2025 – Politechnika Krakowska). Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- ściana jest powłoką izotropową,
- moduł sprężystości wynosi $E_w = 2,06 \text{ GPa}$.

Przypadek ściany obciążonej rzędem półek na wysokości 2,15 m – obciążenie p_{vd} .

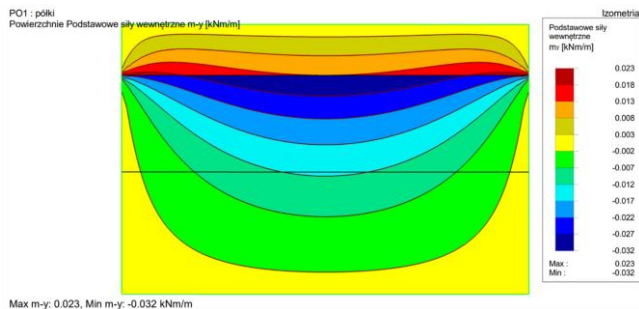
Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia p_{vd} : $M_{Ed1} = 0,032 \text{ kN/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia p_{vd} : $M_{Ed2} = 0,014 \text{ kN/m}$

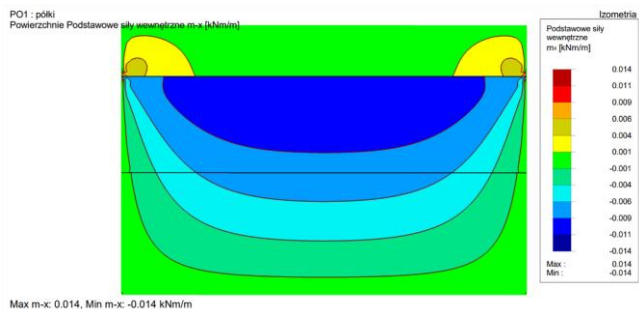
Określenie nośności ściany

- wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xk1} = 0,30 \text{ MPa}$,

- wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xd1} = f_{xk1} / \gamma_M = 0,30 / 1,7 = 0,177 \text{ MPa}$,
- wskaźnik wytrzymałości przekroju: $Z = (1,0 \times t^2) / 6 = (1,0 \times 0,075^2) / 6 = 0,00094 \text{ m}^3$,
- nośność ściany:
 $M_{Rd1} = f_{xd1} \times Z = 0,177 \times 10^6 \times 0,00094 = 0,166 \text{ kNm}$
 $M_{Rd2} = 0,166 \text{ kNm}$



Rys. 10. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia rzędem póltek (p_{vd})



Rys. 11. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia rzędem póltek (p_{vd})

Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,032 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

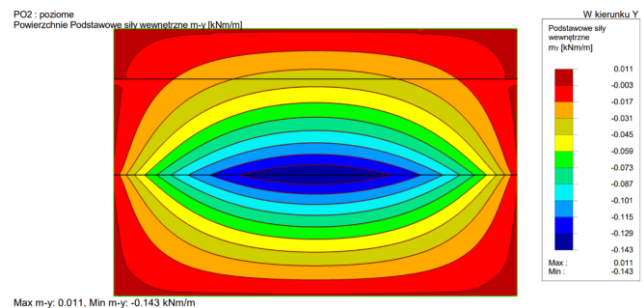
$$M_{Ed2} (= 0,014 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od rzędu obciążonych póltek jest wystarczająca.

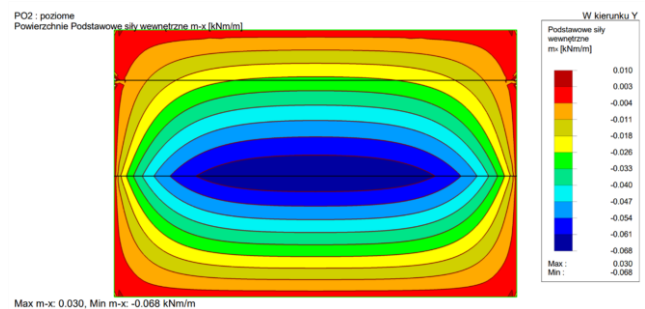
Wpływ działania ewentualnego obciążenia poziomego q_d na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – przypadek ściany działowej pełniącej funkcję bariery.

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia q_d : $M_{Ed1} = 0,143 \text{ kNm/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia q_d : $M_{Ed2} = 0,068 \text{ kNm/m}$



Rys. 12. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia poziomego (q_d)



Rys. 13. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia poziomego (q_d)

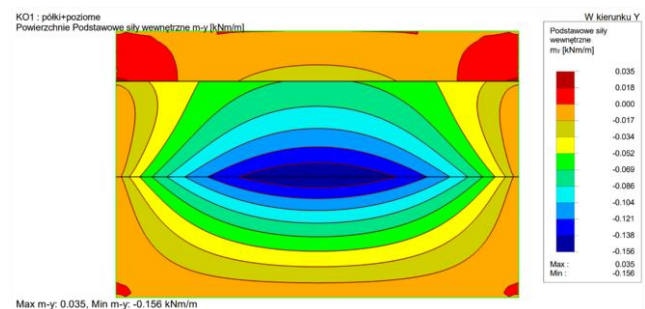
Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,143 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

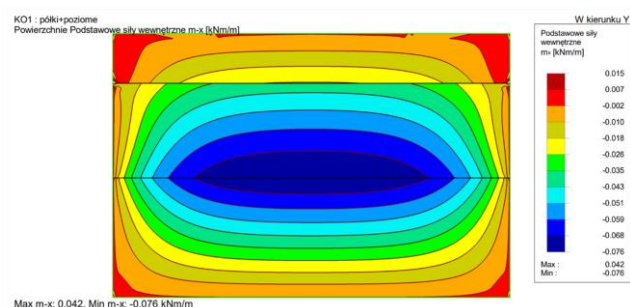
$$M_{Ed2} (= 0,068 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od ewentualnego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m jest wystarczająca.

Łączny efekt obciążenia rzędem szafek p_{vd} oraz obciążenia poziomego q_d



Rys. 14. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia pólkami p_{vd} i od obciążenia poziomego q_d



Rys. 15. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia półkami p_{vd} i od obciążenia poziomego q_d

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia p_{vd} i q_d : $M_{Ed1} = 0,156 \text{ kN/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia p_{vd} i q_d : $M_{Ed2} = 0,076 \text{ kN/m}$

Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,156 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

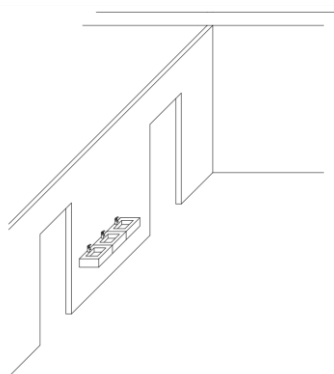
$$M_{Ed2} (= 0,076 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,166 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 75 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od obciążenia rzędem półek i od dodatkowego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m jest wystarczająca.

Uwaga: Obliczenia nie dotyczą nośności elementów mocujących półki do ściany działowej.

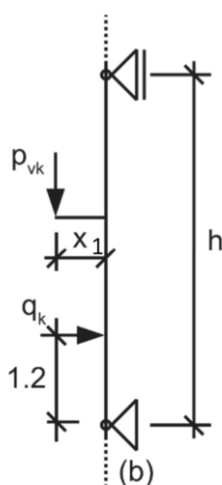
6.3. Przykład – Ściana działowa o grubości **100 mm** z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 10 cm wykonana **na zaprawie M5** obciążona rzędem **umywalek** mocowanych do ściany

W przykładzie założono schemat **ściany (d)** (Rys. 4.) – ściana podparta na dolnej i górnej krawędzi. Taki, najbardziej niekorzystny schemat statyczny może wystąpić w warunkach realnych jako ściana działowa z otworami drzwiowymi na odcinku ściany pomiędzy otworami.



Rys. 16. Schemat ściany działowej przyjętej do obliczeń w przykładzie 6.3.

Schemat statyczny ściany przedstawiono na Rys. 17.



Rys. 17. Schemat statyczny ściany działowej z układem obciążeń analizowanych w przykładzie – ściana obciążona rzędem umywalek – obciążenie p_{vk} w kN/m oraz ew. dodatkowe obciążenie q_k w kN/m na wysokości 1,2 m, (b) – oś ściany, x_1 – odległość obciążenia (p) od osi ściany, h – wysokość ściany.

Ściana działowa o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 10 cm jest obciążona rzędem umywalek mocowanych do ściany. Dodatkowo rozpatrywany jest wpływ obciążenia poziomego przyłożonego do ściany na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – co należy uwzględnić gdyby ściana pełniła funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

Dane do obliczeń:

- elementy wyposażenia mocowane do ściany: rząd umywalek na wysokości 0,85 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,30$ kN/mb,
- rodzaj ściany działowej: ściana z elementów z betonu komórkowego na cienkie spoiny z wypełnionymi spoinami pionowymi,
- elementy murowe: H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 100 mm,
- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych: $f_b = 6$ MPa,
- założony współczynnik materiałowy: $\gamma_M = 1,7$,
- grubość ściany (bez warstw wykończeniowych): $t = 100$ mm,
- ramię działania obciążenia: $x_1 = 0,3$ m,
- wysokość ściany: $h = 3,00$ m,
- szerokość rozpatrywanego pasma ściany: 1,0 m

Obliczenia

Wartość obliczeniowa obciążenia (p_{vd}) – założono, że umywalki są statym elementem wyposażenia pomieszczenia:

$$p_{vd} = 0,30 \times 1,35 = 0,405 \text{ kN/m}$$

Określenie momentu zginającego od obciążenia (p_{vd}) w miejscu jego lokalizacji:

$$M_{Ed} = p_{vd} \times x_1 = 0,405 \times 0,3 = 0,122 \text{ kNm/m}$$

Reakcje na podporach

$$\text{dolna krawędź ściany: } M_{Ed} / h = 0,122 / 3,00 = 0,041 \text{ kN/m}$$

$$\text{górna krawędź ściany: } -M_{Ed} / h = -0,122 / 3,00 = -0,041 \text{ kN/m}$$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} (co do wartości bezwzględnej): $0,041 \times 2,15 = 0,088 \text{ kN/m}$

Określenie nośności ściany

- wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu:
 $f_{xk1} = 0,035 f_b = 0,035 \times 6 = 0,21$ MPa,
- wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xd1} = f_{xk1} / \gamma_M = 0,21 / 1,7 = 0,124$ MPa,
- wskaźnik wytrzymałości przekroju: $Z = (1,0 \times t^2) / 6 = (1,0 \times 0,1^2) / 6 = 0,00167 \text{ m}^3$,
- nośność ściany:
 $M_{Rd1} = f_{xd1} \times Z = 0,124 \times 10^6 \times 0,00167 = 0,207 \text{ kNm}$

Warunek nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,088 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od rzędu umywalek jest wystarczająca.

Uwaga: Obliczenia nie dotyczą nośności elementów mocujących półki do ściany działowej.

Dla ścian narażonych na działanie dodatkowego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany obciążeniem q_d (kN/m):

- reakcja na dolnej krawędzi ściany od obciążenia q_d :
 $((h - 1,2) / h) q_d = ((3,0 - 1,2) / 3,0) q_d = 0,6 q_d$,
- maksymalny moment zginający od obciążenia q_d :
 $0,6 q_d \times 1,2 = 0,72 q_d$,
- moment zginający na wysokości 0,85 m od dolnej krawędzi: $0,6 q_d \times 0,85 = 0,51 q_d$,
- wartość dodatkowego obciążenia q_d jaką może przenieść ściana obciążona rzędem umywalek (wartość obliczeniowa):
 $q_d = (M_{Rd1} - M_{Ed1}) / 0,72 = (0,207 - (1,2 \times 0,041)) / 0,72 = 0,152 / 0,72 = 0,219 \text{ kN/m}$,
- moment zginający w miejscu przyłożenia obciążenia p_{vd} :
 $0,041 \times 0,85 + 0,6 \times 0,219 \times 0,85 = 0,035 + 0,112 = 0,147 \text{ kNm/m}$

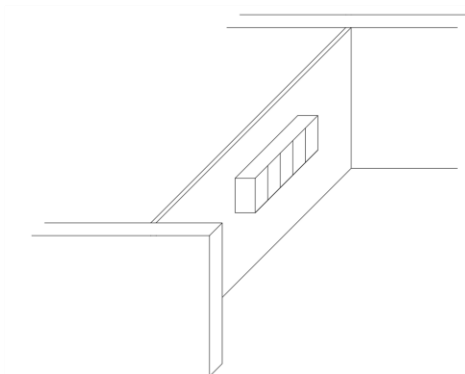
Minimalna wartość obciążenia poziomego podana w normie PN-EN 1996-1-1 wynosi 0,2 kN/m (wartość charakterystyczna). Biorąc pod uwagę współczynnik dla obciążeń zmiennych równy 1,5, uzyskuje się minimalną wartość obliczeniową obciążenia $q_d = 0,3 \text{ kN/m}$.

Analizowana ściana obciążona rzędem umywalek nie spełnia dodatkowych wymagań obowiązujących w przypadku, gdy ściana powinna pełnić również funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

W celu spełnienia przez ścianę działową obciążoną rzędem umywalek dodatkowych wymagań obowiązujących dla ścian pełniących funkcję barier należy zapewnić ścianie dodatkowe wzmocnienie.

6.4. Przykład – Ściana działowa o grubości **100 mm** z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 10 cm wykonana **na zaprawie M5** obciążona rzędem **szafek** mocowanych do ściany.

W przykładzie założono schemat **ściany (a) (Rys. 1.)** – ściana podparta na czterech krawędziach.



Rys. 18. Schemat ściany działowej przyjętej do obliczeń w przykładzie 6.4.

Ściana działowa o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 10 cm jest obciążona rzędem szafek mocowanych do ściany. Dodatkowo rozpatrywany jest wpływ obciążenia poziomego przyłożonego do ściany na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – co należy uwzględnić gdyby ściana pełniła funkcję bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1.

Dane do obliczeń:

- elementy wyposażenia mocowane do ściany: rząd szafek na wysokości 2,0 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,35 \text{ kN/mb}$,
- obciążenie poziome $q_k = 0,2 \text{ kN/mb}$,
- rodzaj ściany działowej: ściana z elementów z betonu komórkowego na cienkie spoiny z wypełnionymi spoinami pionowymi,
- elementy murowe: H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 / 100 mm,
- znormalizowana wytrzymałość na ściskanie elementów murowych: $f_b = 6 \text{ MPa}$,
- założony współczynnik materiałowy: $\gamma_M = 1,7$,
- grubość ściany (bez warstw wykończeniowych): $t = 100 \text{ mm}$,
- ramię działania obciążenia: $x_1 = 0,3 \text{ m}$,
- wysokość ściany: $h = 2,65 \text{ m}$,
- długość ściany: $4,30 \text{ m}$,
- szerokość rozpatrywanego pasma ściany w kierunku x i y: $1,0 \text{ m}$

Obliczenia

Wartość obliczeniowa obciążenia (p_{vd}) – założono, że szafki są statym elementem wyposażenia pomieszczenia:

$$p_{vd} = 0,35 \times 1,35 = 0,47 \text{ kN/m}$$

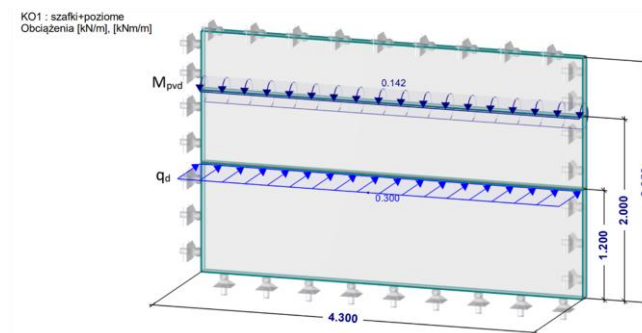
Określenie momentu zginającego od obciążenia (p_{vd}) w miejscu jego lokalizacji:

$$M_{Ed} = p_{vd} \times x_1 = 0,47 \times 0,3 = 0,142 \text{ kNm/m}$$

Wartość obliczeniowa obciążenia poziomego q_d – założono, że obciążenie ma charakter zmienny:

$$q_d = 0,2 \times 1,5 = 0,3 \text{ kN/m},$$

Geometria modelu i obciążenia działające na ścianę przedstawiona na Rys. 19.



Rys. 19. Geometria ściany wraz z przyjętym obciążeniem od rzędu szafek p_{vd} i ewentualnie obciążeniem poziomym q_d

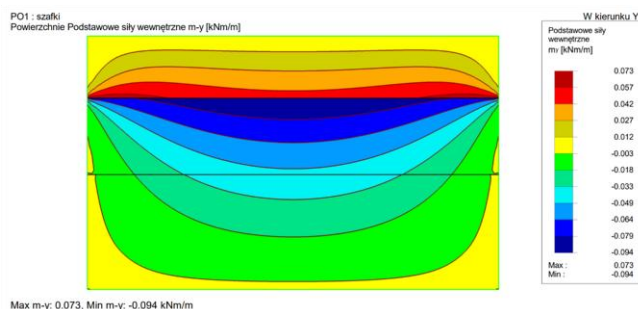
Maksymalne momenty zginające wyznaczono na podstawie analizy numerycznej metodą elementów skończonych z wykorzystaniem programu RFEM 5, którego licencję nr 11684-01 posiada Politechnika Krakowska (Praca: Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe oraz badania doświadczalne ścian działowych z produktów H+H oraz przygotowanie opracowania umożliwiającego podanie wytycznych do projektowania – grudzień 2024/kwiecień 2025 – Politechnika Krakowska). Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- ściana jest powłoką izotropową,
- moduł sprężystości wynosi $E_w = 2,06 \text{ GPa}$.

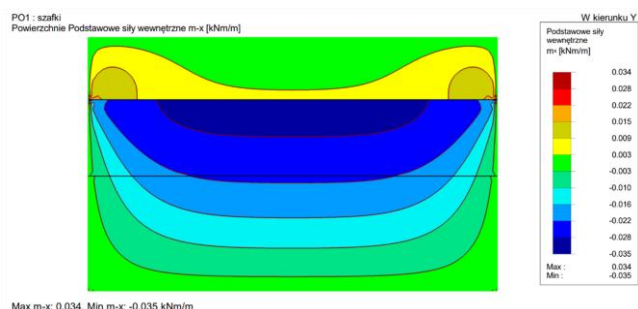
Przypadek ściany obciążonej rzędem szafek na wysokości 2,0 m – obciążenie p_{vd} .

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia p_{vd} : $M_{Ed1} = 0,094 \text{ kN/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia p_{vd} : $M_{Ed2} = 0,035 \text{ kN/m}$



Rys. 20. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia rzędem szafek (p_{vd})



Rys. 21. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia rzędem szafek (p_{vd})

Określenie nośności ściany

- wytrzymałość charakterystyczna muru na rozciąganie przy zginaniu:
 $f_{xk1} = 0,21 \text{ MPa}$, $f_{xk2} = 0,21 \text{ MPa}$
- wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu: $f_{xd1} = f_{xk1} / \gamma_M = 0,21 / 1,7 = 0,124 \text{ MPa}$,
 $f_{xd2} = f_{xk1} / \gamma_M = 0,21 / 1,7 = 0,124 \text{ MPa}$,
- wskaźnik wytrzymałości przekroju: $Z = (1,0 \times t^2) / 6 = (1,0 \times 0,1^2) / 6 = 0,00167 \text{ m}^3$,
- nośność ściany:
 $M_{Rd1} = f_{xd1} \times Z = 0,124 \times 10^6 \times 0,00167 = 0,207 \text{ kNm}$
 $M_{Rd1} = 0,207 \text{ kNm}$

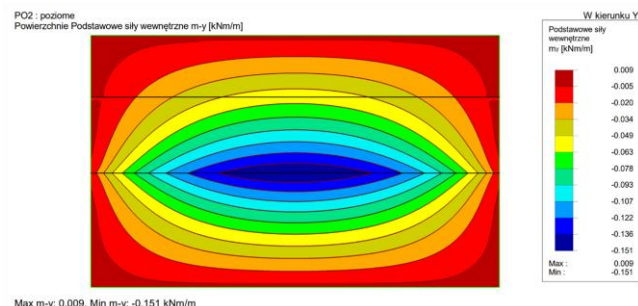
Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,094 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

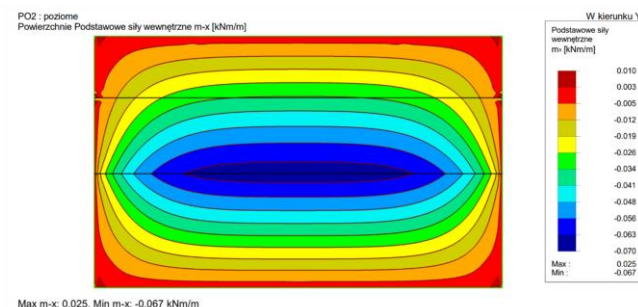
$$M_{Ed2} (= 0,035 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od rzędu szafek jest wystarczająca.

Wpływ działania ewentualnego obciążenia poziomego q_d na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany – przypadek ścienny działowej pełniący funkcję bariery.



Rys. 22. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia poziomego (q_d)



Rys. 23. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia poziomego (q_d)

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia q_d : $M_{Ed1} = 0,151 \text{ kNm/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia q_d : $M_{Ed2} = 0,067 \text{ kNm/m}$

Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,151 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

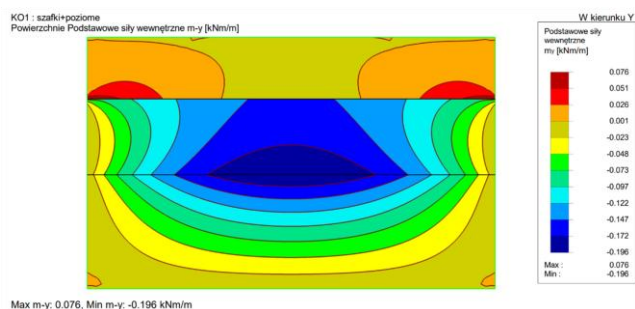
$$M_{Ed2} (= 0,067 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

Nośność ściany działowej o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od ewentualnego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m jest wystarczająca.

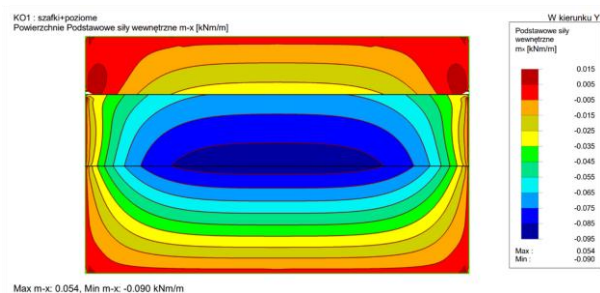
Łączny efekt obciążenia rzędem szafek p_{vd} oraz obciążenia poziomego q_d

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed1} od obciążenia p_{vd} i q_d : $M_{Ed1} = 0,196 \text{ kNm/m}$

Maksymalny moment zginający ścianą M_{Ed2} od obciążenia p_{vd} i q_d : $M_{Ed2} = 0,090 \text{ kNm/m}$



Rys. 24. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed1} (wywołujących rozciąganie prostopadłe do spoin wspornych) od obciążenia szafkami p_{vd} i od obciążenia poziomego q_d



Rys. 25. Wyniki analizy numerycznej – wartości momentów zginających M_{Ed2} (wywołujących rozciąganie równoległe do spoin wspornych) od obciążenia szafkami p_{vd} i od obciążenia poziomego q_d

Warunki nośności:

$$M_{Ed1} (= 0,196 \text{ kNm/m}) < M_{Rd1} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

$$M_{Ed2} (= 0,090 \text{ kNm/m}) < M_{Rd2} (= 0,207 \text{ kNm/m})$$

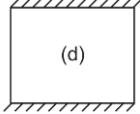
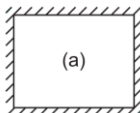
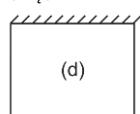
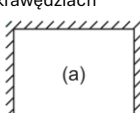
Nośność ściany działowej o grubości 100 mm z elementów H+H Gold+ Panel TEMPO PRO 6,0-700 z uwagi na zginanie od obciążenia rzędem szafek i od dodatkowego obciążenia poziomego na wysokości 1,2 m jest wystarczająca.

Uwaga: Obliczenia nie dotyczą nośności elementów mocujących półki do ściany działowej.

6.5. Zamieszczone w rozdziale 6 przykłady obliczeniowe ścian działowych w H+H Systemie TEMPO PRO obciążonych zawieszonymi elementami wyposażenia nie wyczerpują wszystkich możliwych przypadków i konfiguracji obciążeń.

Natomiast na podstawie tych przykładów można wyciągnąć wnioski i rekomendacje ujęte w Tablicy 14.

Tablica. 14. Zestawienie wyników przykładów obliczeniowych ujętych w rozdziale 6

Ściana działowa TEMPO PRO			Założony schemat ściany	Obciążenie		Komentarz
grubości [mm]	wykonana z elementu	wymurowana na zaprawie				
75,00	H+H Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm	M10 z ziarnem podporowym	Ściana podparta na dolnej i górnej krawędzi 	Rząd półek na wysokości 2,15 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,15 \text{ kN/mb}$	Obciążenie poziome przyłożone na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany - funkcja bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1	W celu spełnienia przez ścianę działową dodatkowych wymagań obowiązujących dla ścian pełniących funkcję barier należy zapewnić ścianie dodatkowe wzmocnienie.
						
75,00	H+H Panel TEMPO PRO 6,0-700 7,5 cm	M10 z ziarnem podporowym	Ściana podparta na czterech krawędziach 	Rząd półek na wysokości 2,15 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,15 \text{ kN/mb}$	Obciążenie poziome przyłożone na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany - funkcja bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1	
						
100,00	H+H Panel TEMPO PRO 6,0-700 10,0 cm	M5	Ściana podparta na dolnej i górnej krawędzi 	Rząd umywalek na wysokości 0,85 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,30 \text{ kN/mb}$	Obciążenie poziome przyłożone na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany - funkcja bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1	W celu spełnienia przez ścianę działową dodatkowych wymagań obowiązujących dla ścian pełniących funkcję barier należy zapewnić ścianie dodatkowe wzmocnienie.
						
100,00	H+H Panel TEMPO PRO 6,0-700 10,0 cm	M5	Ściana podparta na czterech krawędziach 	Rząd szafek na wysokości 2,0 m od dolnej krawędzi ściany: $p_{vk} = 0,35 \text{ kN/mb}$	Obciążenie poziome przyłożone na wysokości 1,2 m od dolnej krawędzi ściany - funkcja bariery zgodnie z normą PN-EN 1991-1-1	
						

7. Uwagi/Komentarze

7.1. Wszystkie odniesienia do norm mają charakter informacyjny. W przypadku zmiany obowiązujących norm, projekt powinien zastosować się do aktualnie obowiązujących norm.

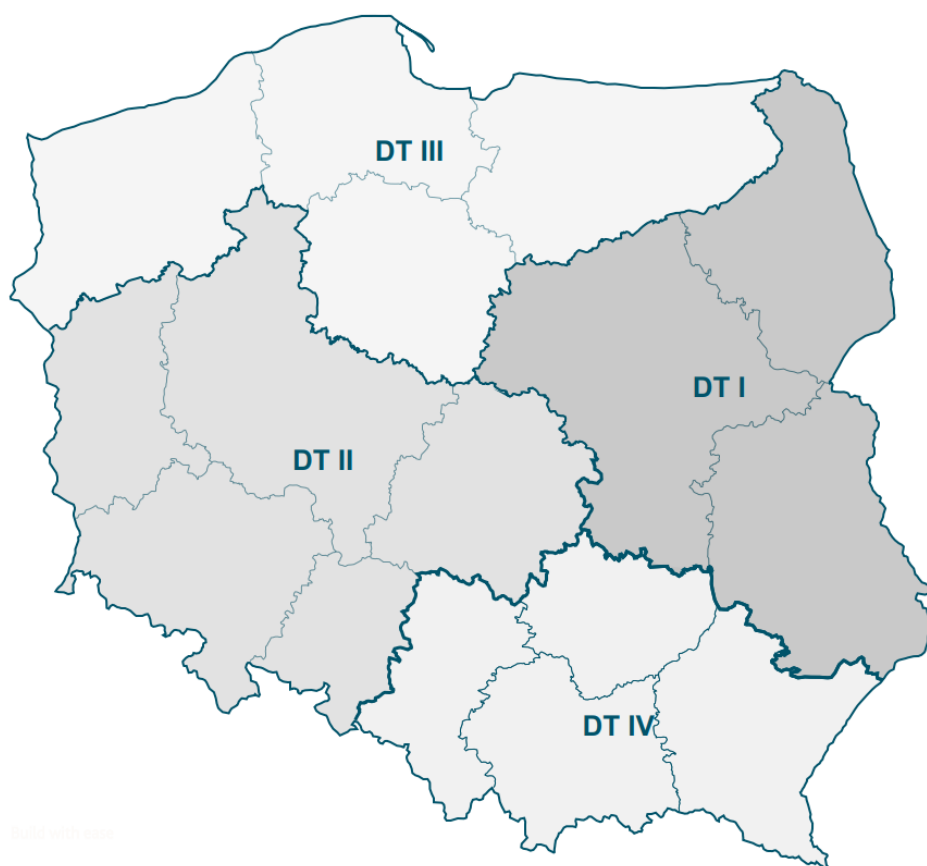
7.2. H+H nie odpowiada za skutki błędów projektowych lub wykonawczych powstałych w wyniku niewłaściwego zastosowania niniejszych wytycznych.

7.3. Każdy przypadek zastosowania rozwiązań przyjętych w niniejszym dokumencie wymaga samodzielnej weryfikacji przez projektanta lub osobę posiadającą odpowiednie uprawnienia budowlane.

Skorzystaj z naszego doświadczenia oraz praktycznego wsparcia

- Doradca Techniczny – DT I
Tel. +48 665 844 092
- Doradca Techniczny – DT II
Tel. +48 665 844 093
- Doradca Techniczny – DT III
Tel. +48 665 844 094
- Doradca Techniczny – DT IV
Tel. +48 665 844 095

INFOLINIA + 48 222 63 99 10



H+H Polska Sp. z o.o.

Ul. Kupiecka 6

03-046 Warszawa

HplusH.pl

H+H
PARTNER W BUDOWANIU ŚCIAN