



***SEKCJA INŻYNIERII PRZEDSIĘWZIĘĆ BUDOWLANYCH KOMITETU
INŻYNIERII LĄDOWEJ I WODNEJ POLSKIEJ AKADEMII NAUK***

**METODY WSPOMAGAJĄCE PODEJMOWANIE DECYZJI
W BUDOWNICTWIE NA TERENACH PODDANYCH WPŁYWOM
ODDZIAŁYWAŃ GÓRNICZYCH**

**PRZYKŁAD PROJEKTOWANIA I NADZORU BUDOWY
OBIEKTU UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ**

Warszawa, 17.03.2023 r.

Autor:

dr inż. Leszek Słowik



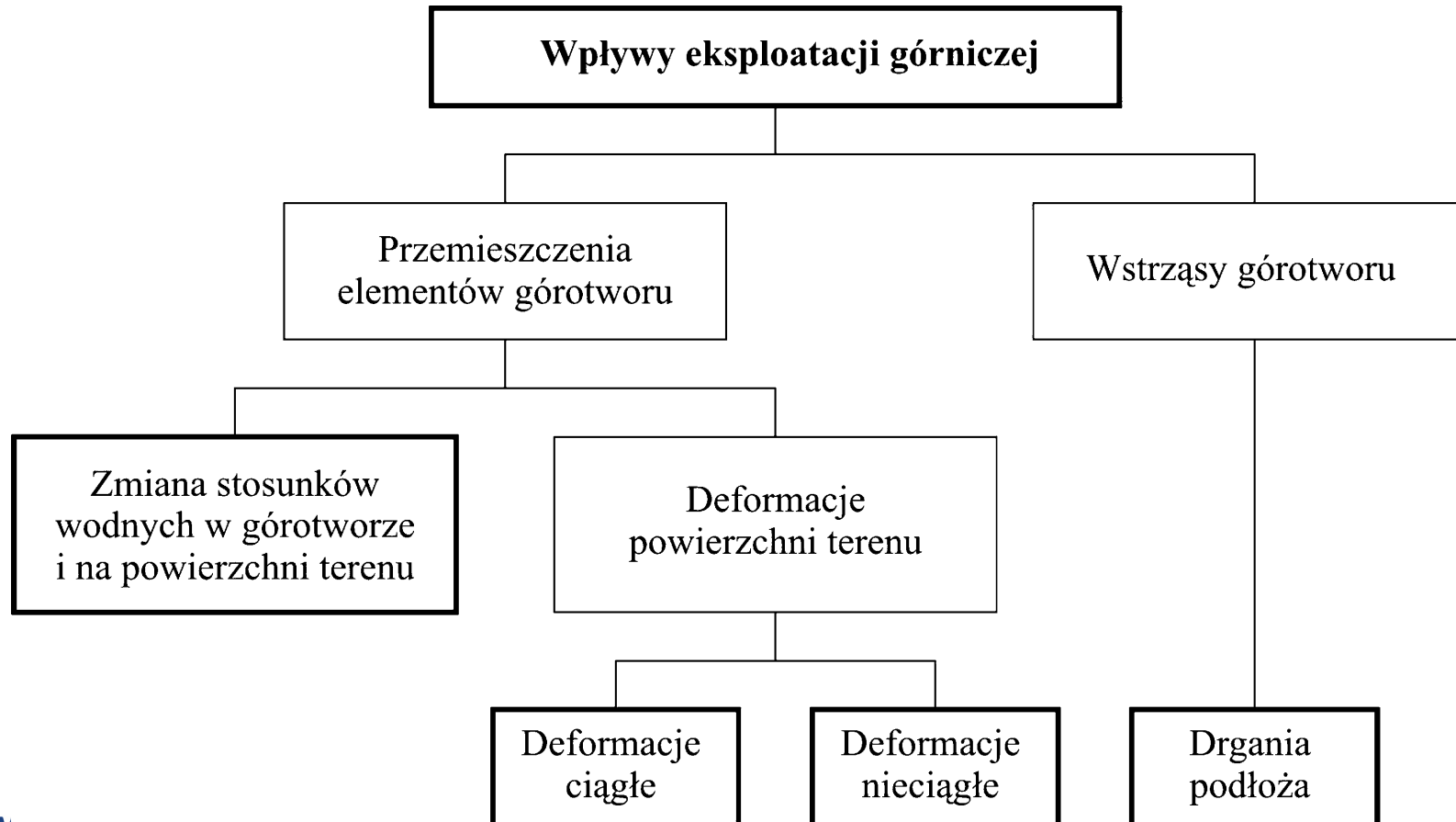
Plan prezentacji

1. Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu
2. Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy
3. Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)
4. Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru
5. Podsumowanie

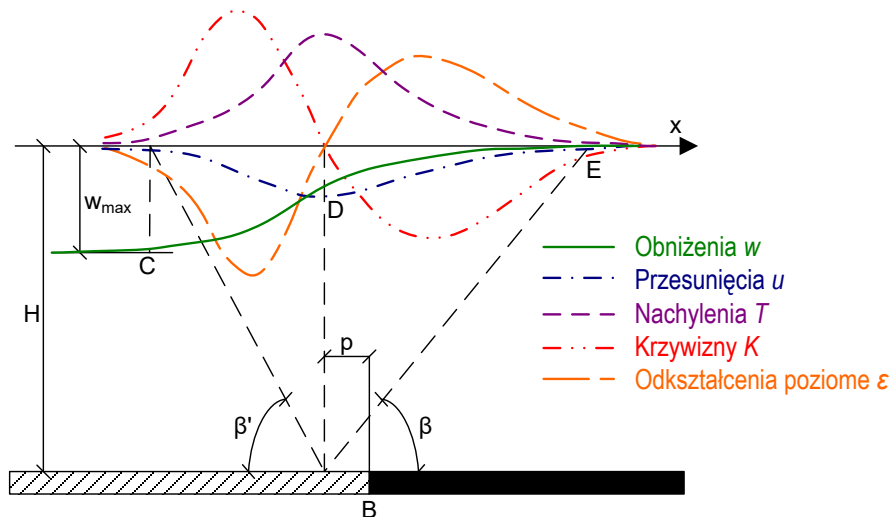
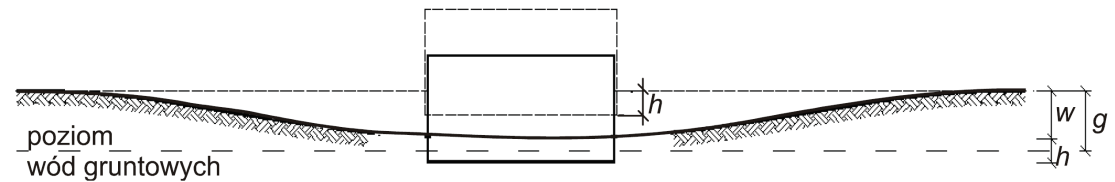
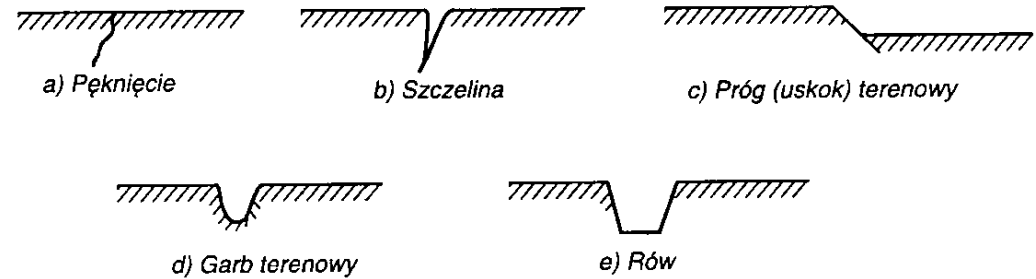
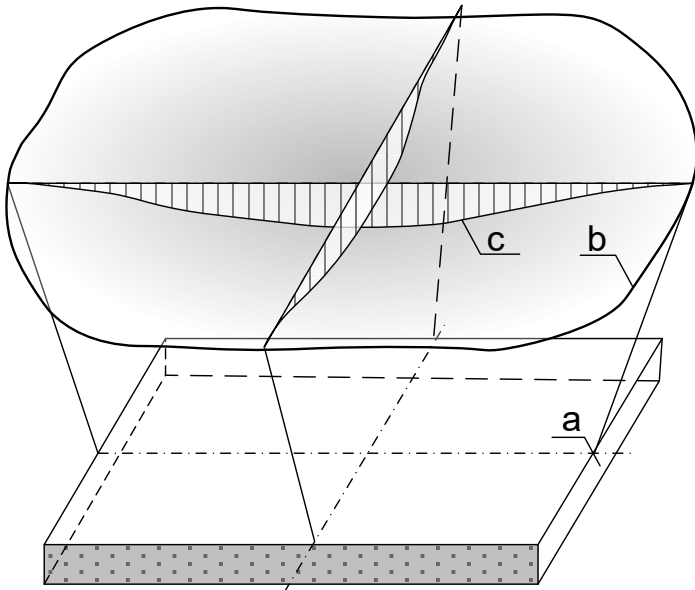


Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

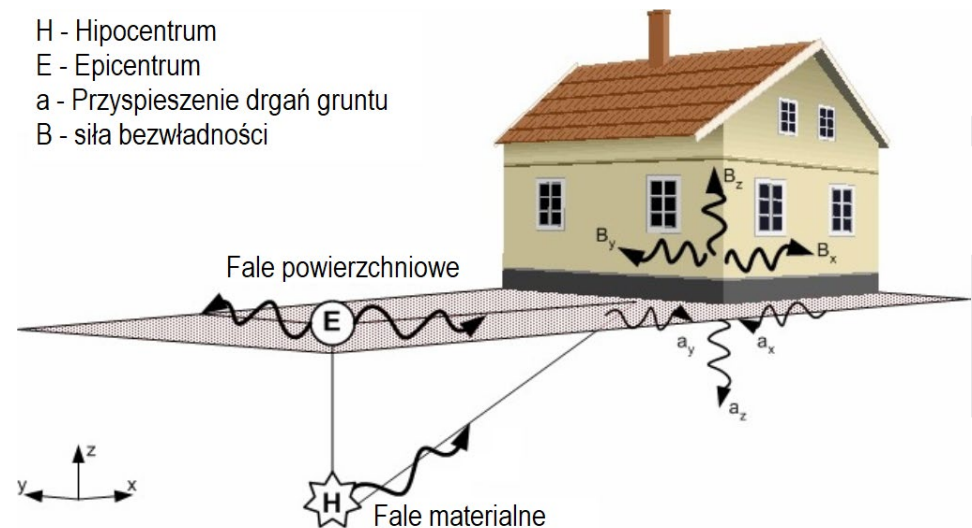
- ✓ **podziemna eksploatacja złóż generuje negatywne wpływy ujawniające się na powierzchni i stanowiące potencjalne zagrożenie dla zabudowy.** Strukturę przedstawiającą zagrożenia zabudowy negatywnymi wpływami podziemnej eksploatacji górniczej przedstawiono poniżej



Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

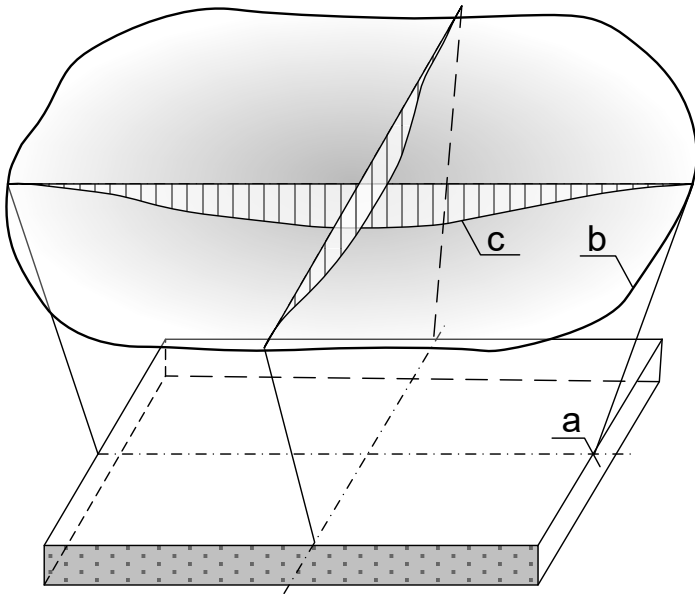


- H - Hipocentrum
- E - Epicentrum
- a - Przyspieszenie drgań gruntu
- B - siła bezwładności

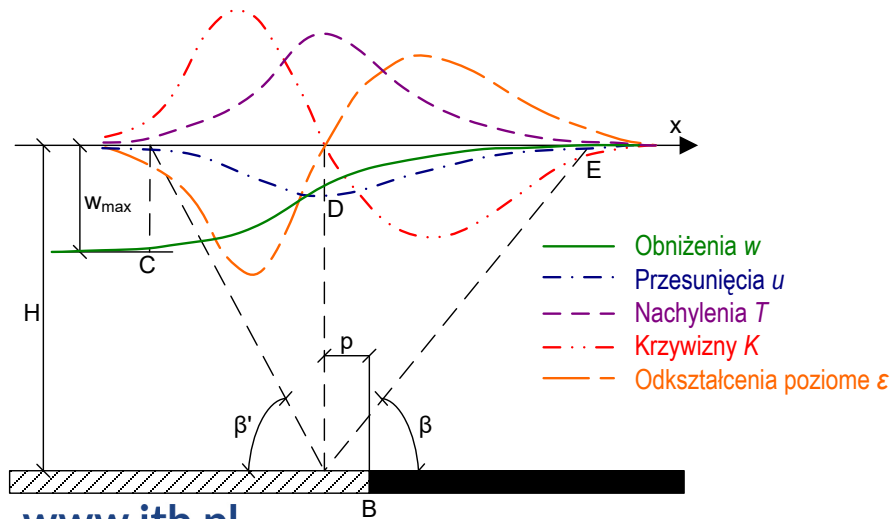


Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje ciągłe



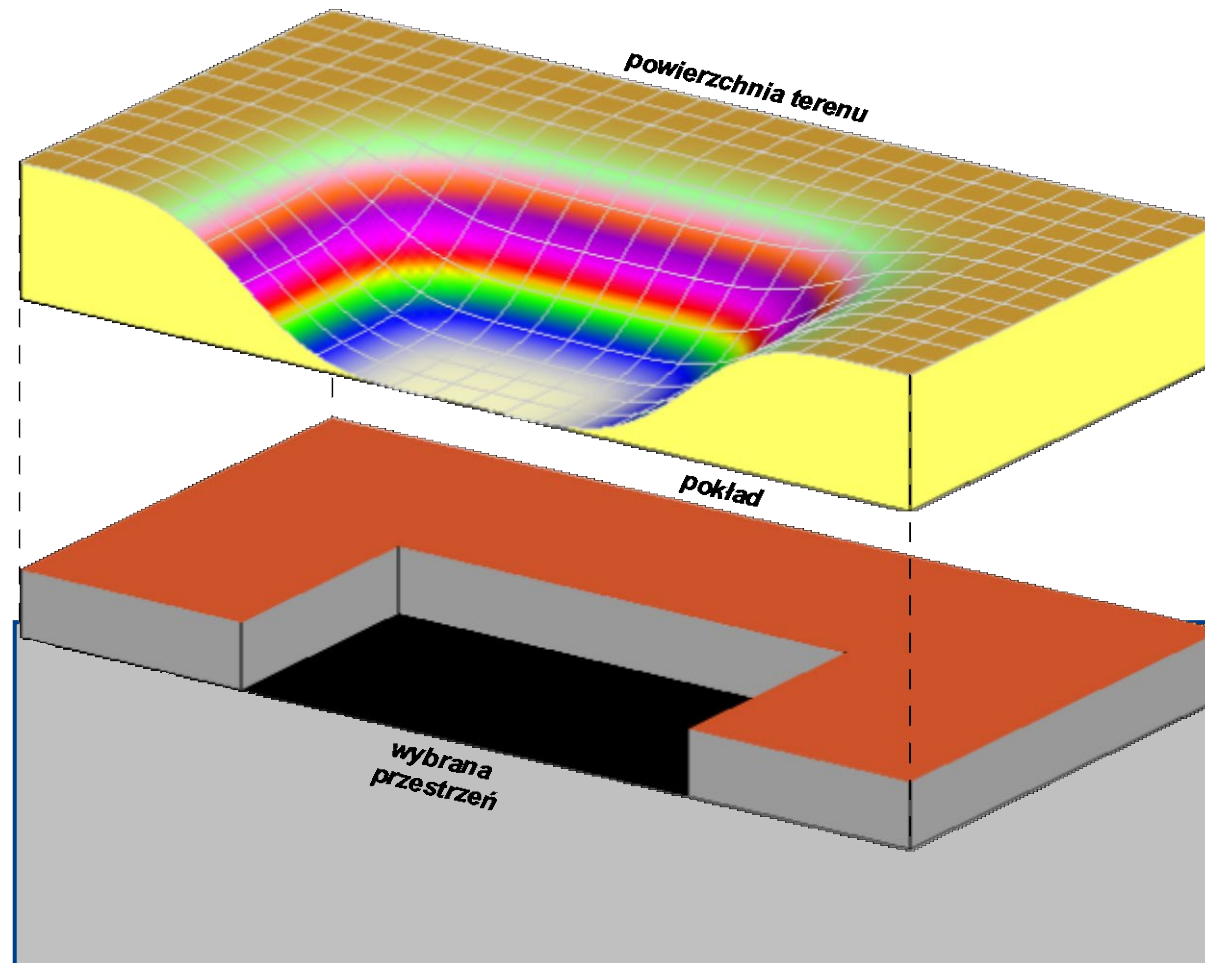
W zależności od intensywności wskaźników deformacji: ε , $R = 1/K$, T , tereny podlegające wpływom regularnych niecek obnizeniowych, podzielono na sześć kategorii.



Kategoria	Graniczne wartości wskaźników deformacji terenu		
	nachylenie T [%]	promień krzywizny R [km]	odkształcenie poziome ε [%]
0	$T \leq 0,5$	$ R \geq 40$	$ \varepsilon \leq 0,3$
I	$0,5 < T \leq 2,5$	$40 > R \geq 20$	$0,3 < \varepsilon \leq 1,5$
II	$2,5 < T \leq 5$	$20 > R \geq 12$	$1,5 < \varepsilon \leq 3$
III	$5 < T \leq 10$	$12 > R \geq 6$	$3 < \varepsilon \leq 6$
IV	$10 < T \leq 15$	$6 > R \geq 4$	$6 < \varepsilon \leq 9$
V	$T > 15$	$ R < 4$	$ \varepsilon > 9$

Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

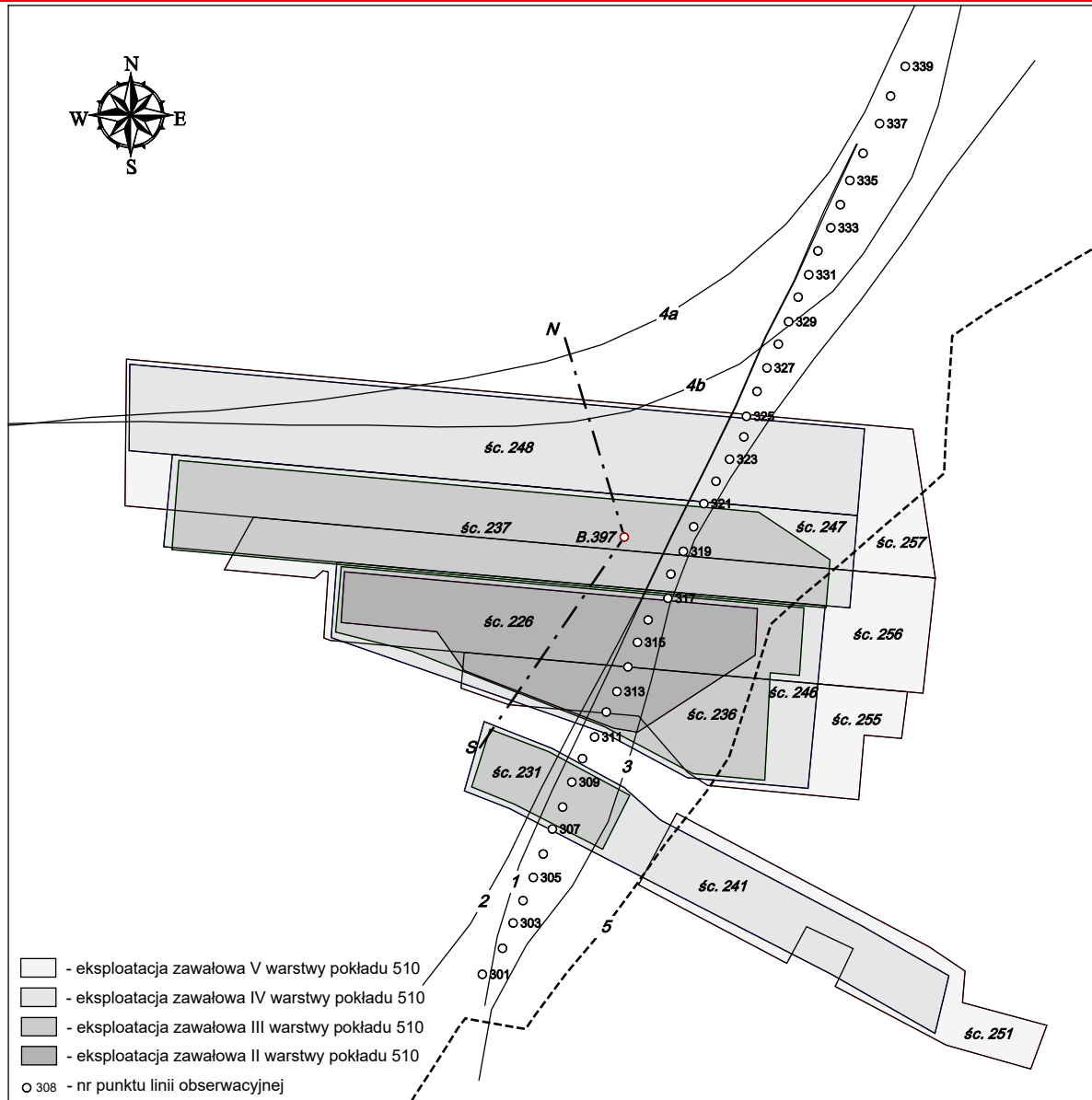
Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje ciągłe





Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje ciągłe





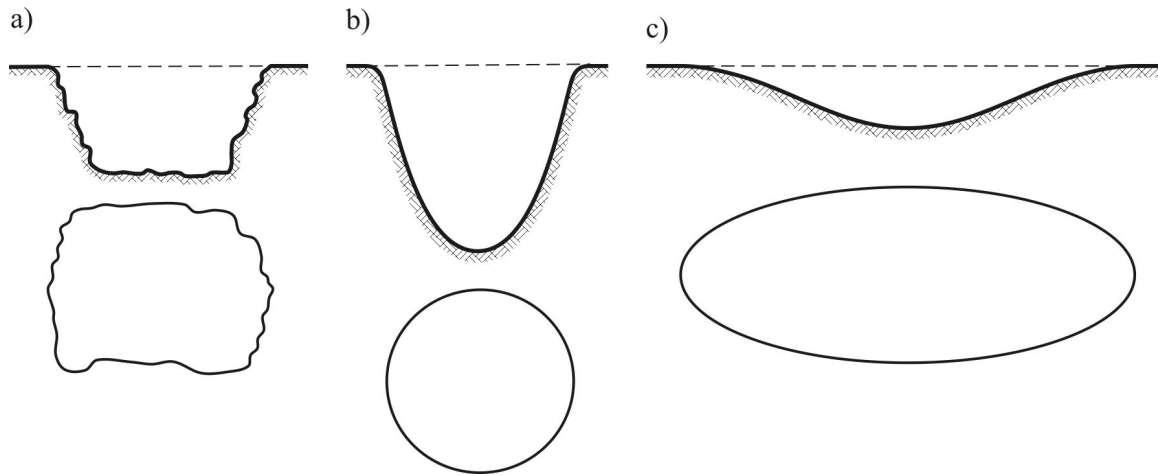
Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje ciągłe



Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje nieciągłe



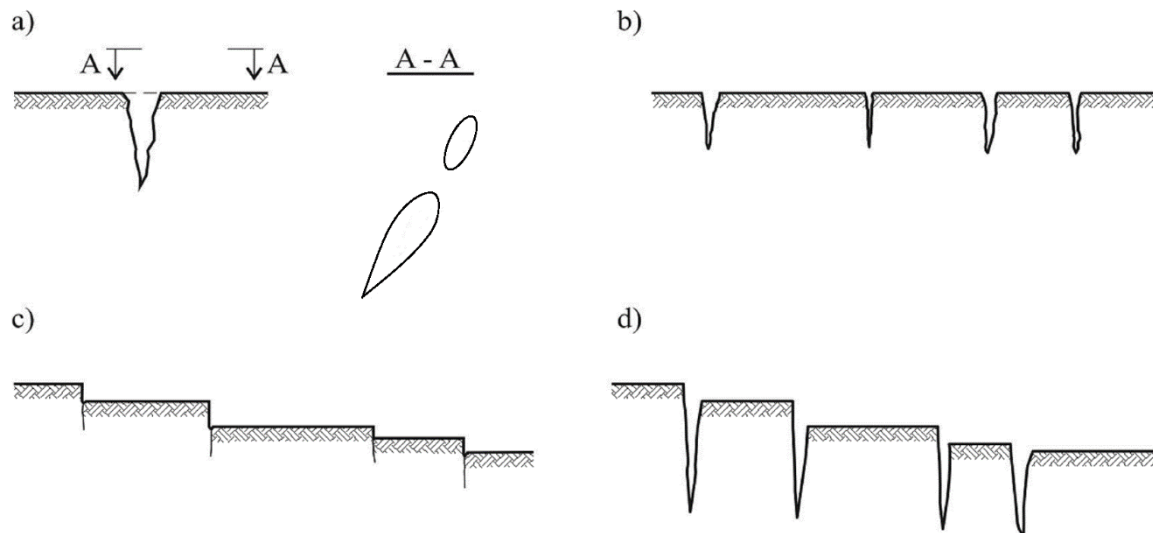
Deformacje powierzchniowe:
a – zapadlisko, *b* – lej, *c* – deformacja lokalna



Deformacje powierzchniowa
w formie zapadliska

Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – deformacje nieciągłe



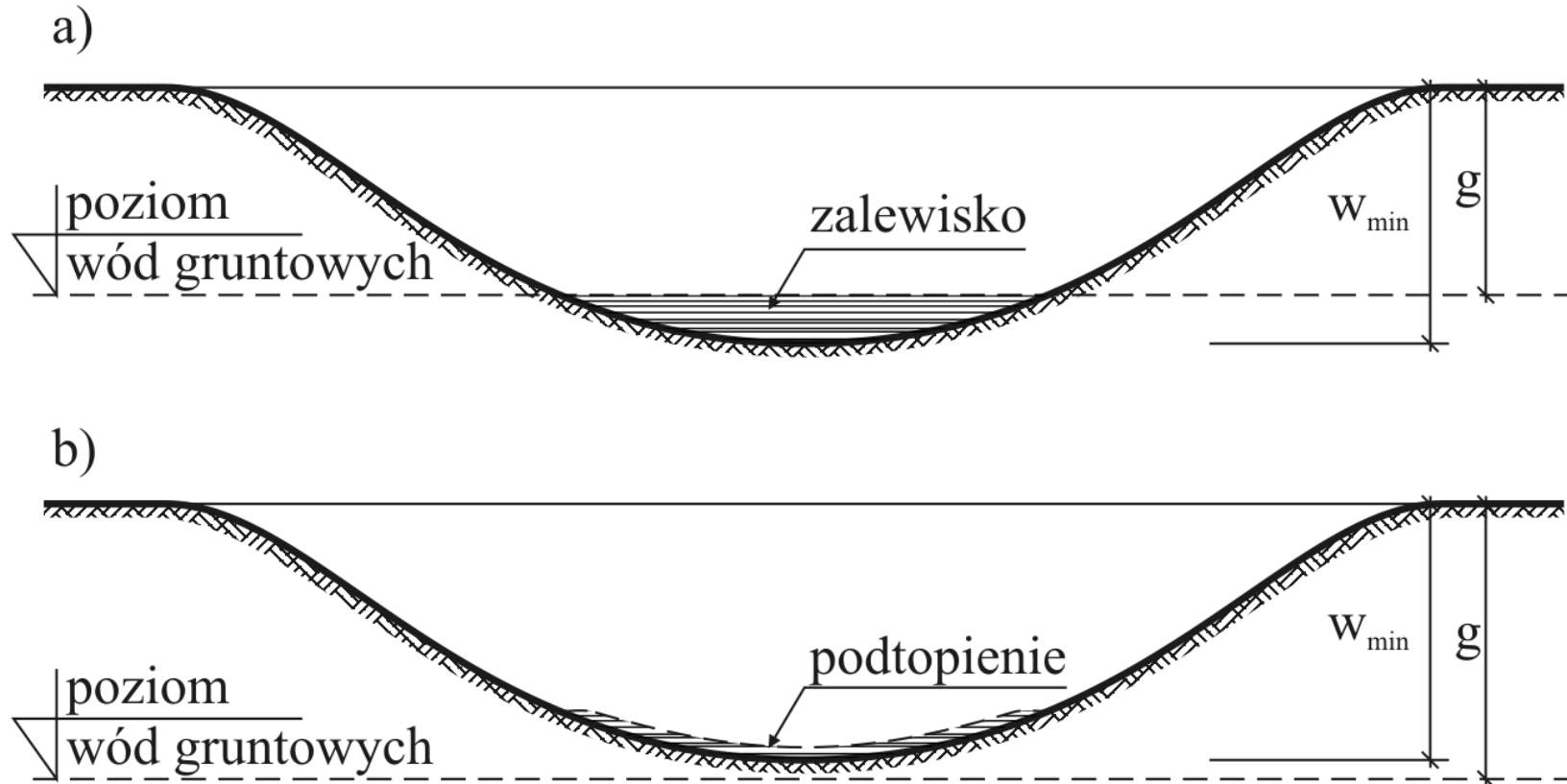
Deformacje liniowe: *a* – rowy, *b* – pęknięcia (szczeliny),
c – stopnie, *d* – pęknięcia i stopnie występujące
jednocześnie



Deformacje powierzchniowa w
formie pęknięcia i stopnia

Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – zmiana stosunków wodnych



Zmiana stosunków wodnych: a) zalewisko, b) podtopienie terenu

Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

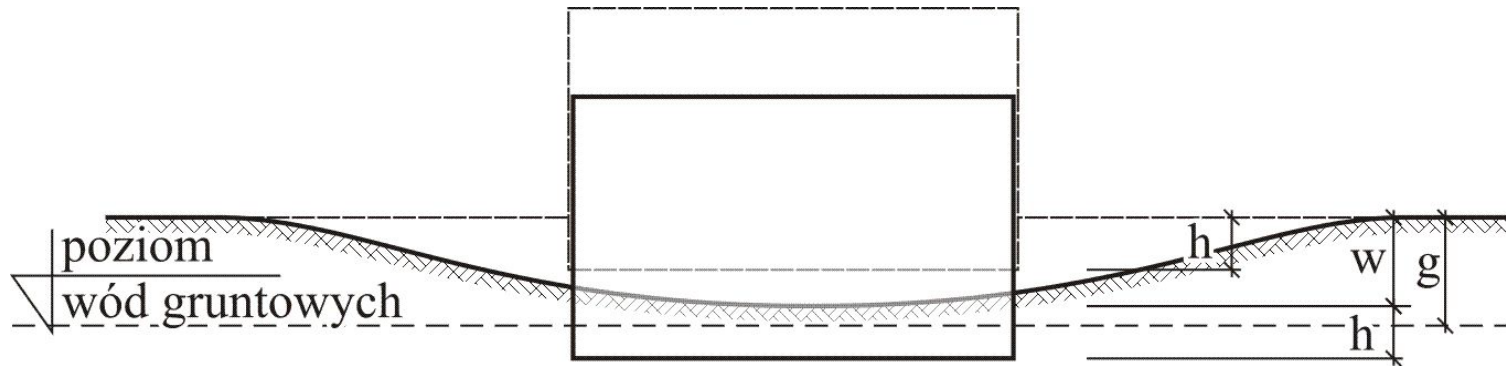
Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – zmiana stosunków wodnych



Zalewisko, które powstało na skutek działalności górniczej w Mysłowicach

Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – zmiana stosunków wodnych



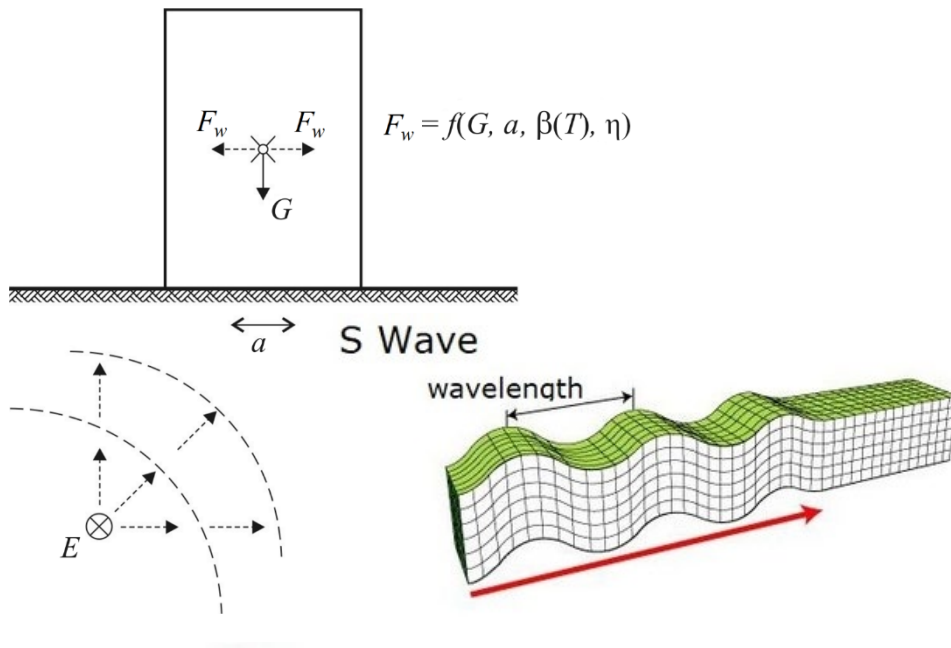
Obniżenie obiektu poniżej poziomu wody gruntowej

h – głębokość posadowienia, g – poziom wody gruntowej, w – obniżenie terenu

- $g \approx w_{max} + h$, występuje zagrożenie podtopienia obiektu, który może ulec silnym zawilgoceniom, wymagającym zastosowania odpowiedniej izolacji przeciwwilgociowej lub drenażu,
- $g < w_{max} + h$, część piwniczna obiektu może ulec zalaniu.

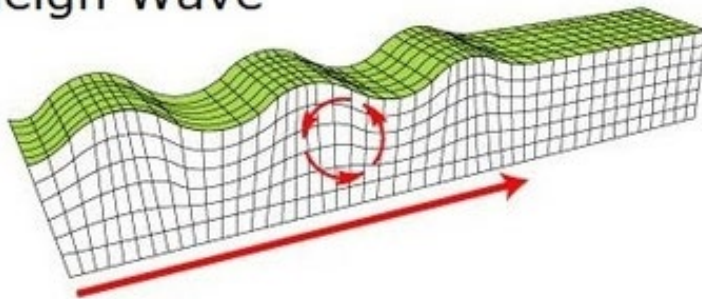
Ogólna informacja na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu

Rodzaje wpływów eksploatacji górniczej na powierzchni – wstrząsy górnicze

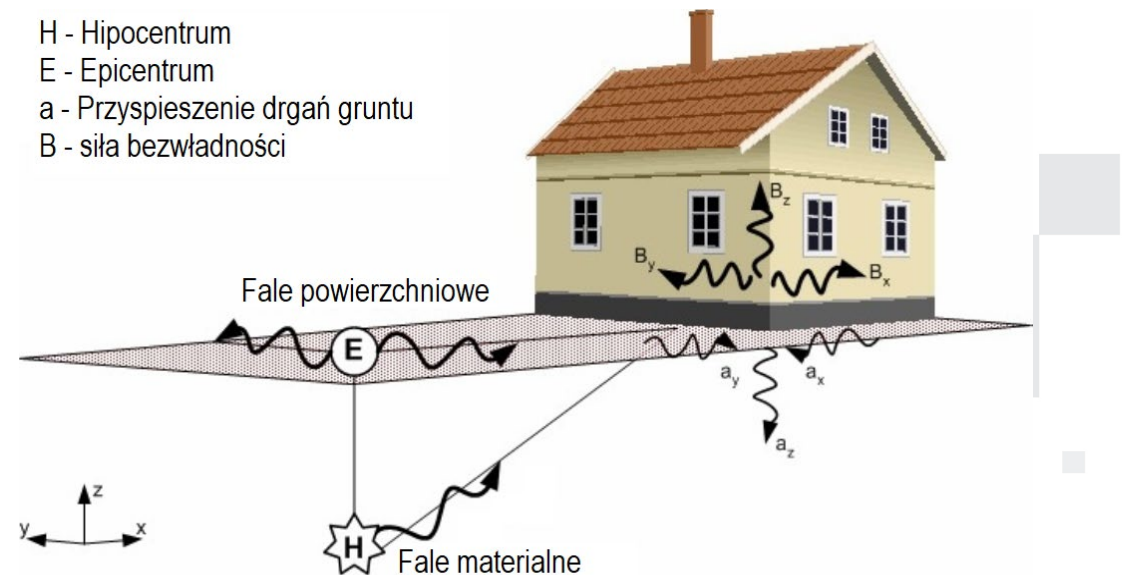


Oddziaływania powodowane wstrząsami górniczymi można odwzorować wystąpieniem poziomej siły bezwładności F_w , która zależy od całkowitego ciężaru obiektu G , przyspieszenia drgań podłoża a , rzędnej spektrum odpowiedzi $\beta(T)$, będącego funkcją okresu drgań własnych obiektu T oraz od cech dynamicznych konstrukcji η (tłumienia)

Rayleigh Wave



- H - Hipocentrum
- E - Epicentrum
- a - Przyspieszenie drgań gruntu
- B - siła bezwładności

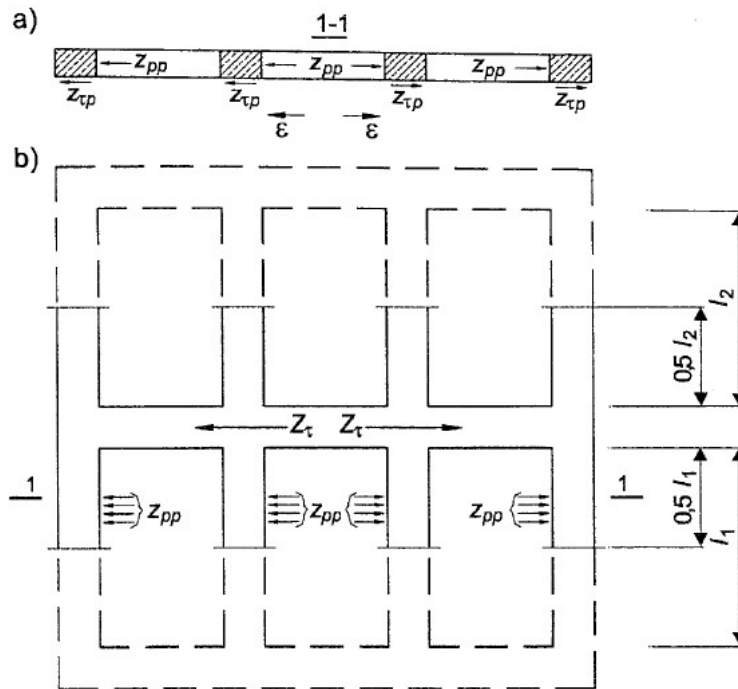


Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

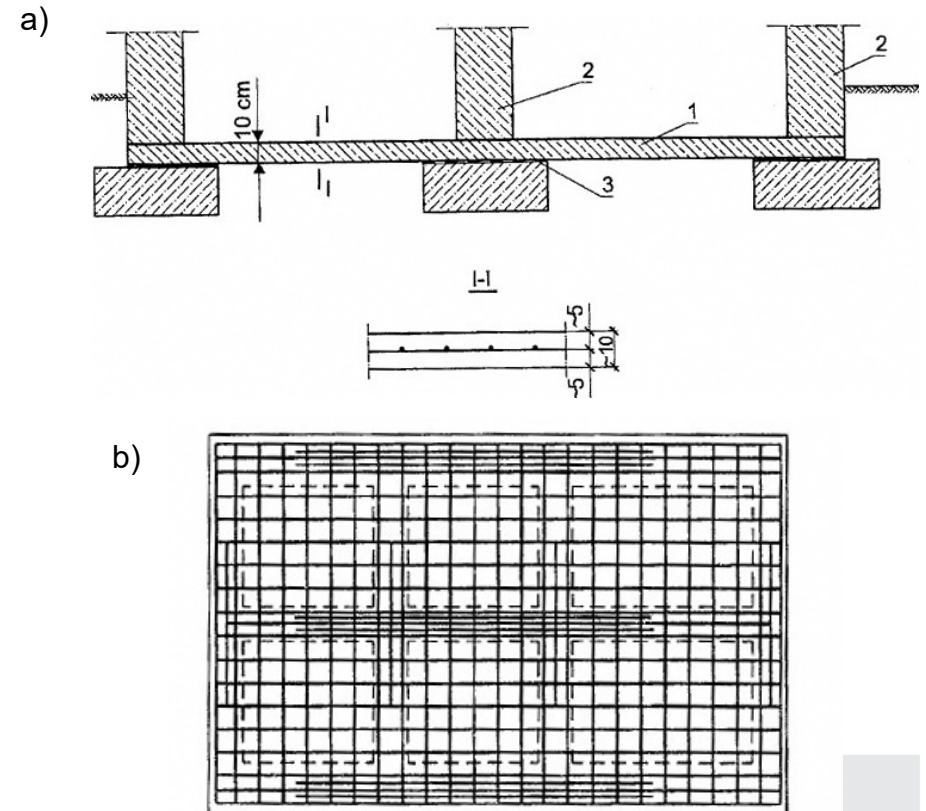


Nowe budynki podlegające wpływom deformacyjnym i wstrząsom górniczym o $a_p \leq 250 \text{ mm/s}^2$

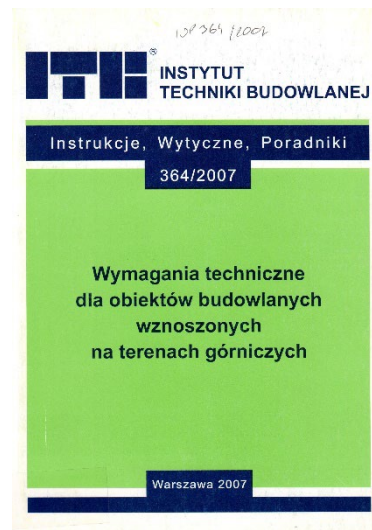
Fundamenty



Ruszt fundamentowy -
 obciążenie przy rozluźnieniu
 podłoża: a) przekrój przez ławy
 poprzeczne, b) ława podłużna z
 przyległym pasmem ław
 poprzecznych – za (Kawulok
 2006)



Żelbetowa przepona fundamentowa:
 a) przekrój poprzeczny fundamentów
 z przeponą 1 – przepona, 2 – ściany piwnic, 3
 – warstwa poślizgowa, b) schemat zbrojenia
 przepony w rzucie – za (Kawulok 2006)

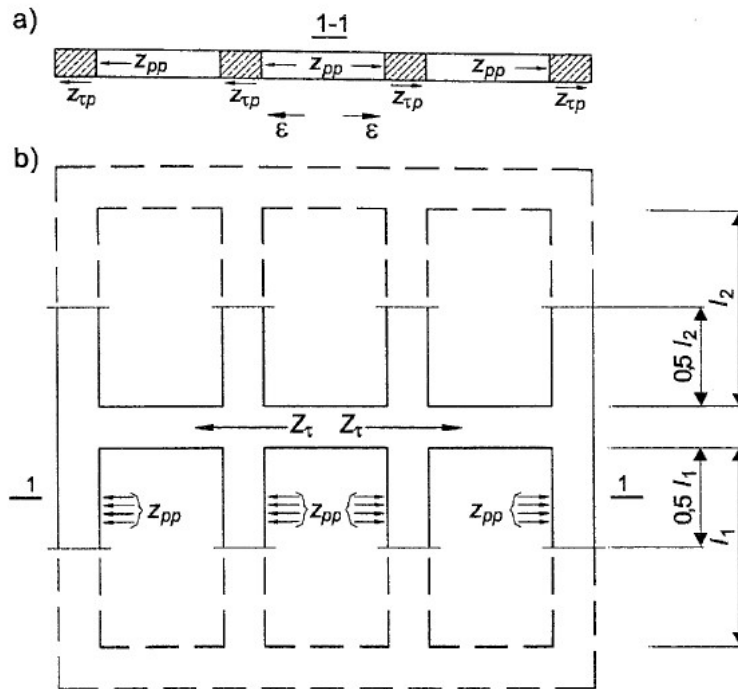


Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy



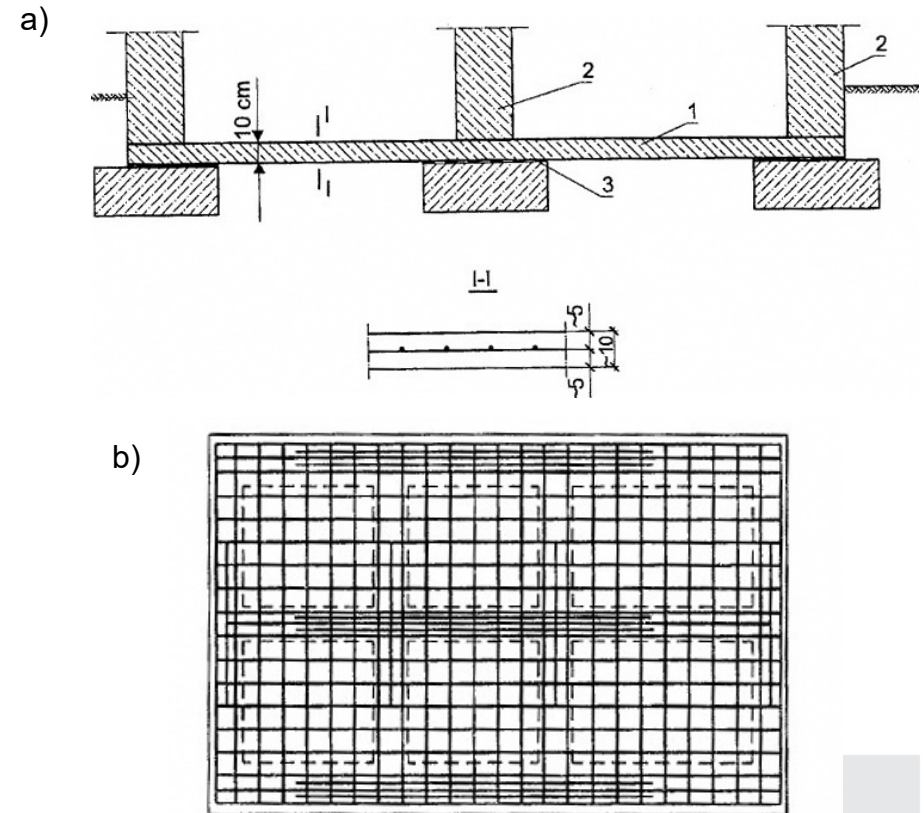
Nowe budynki podlegające wpływom deformacyjnym i wstrząsom górniczym o $a_p \leq 250 \text{ mm/s}^2$

Fundamenty



Ruszt fundamentowy

$A_{min} = 0,002 \times b \times h$
lecz nie mniej niż 4 ϕ 12



Żelbetowa przepona fundamentowa:

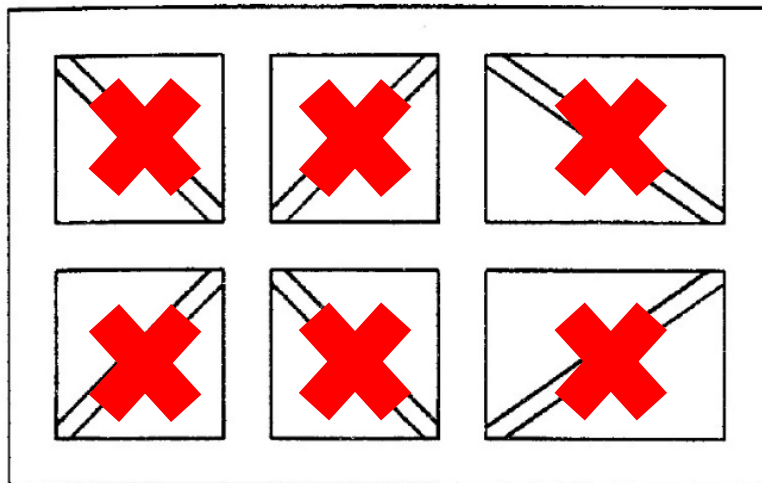
A_{min} : z prętów o średnicy 6mm, założonych nie rzadziej niż co 25cm w obydwu kierunkach. Ławy fundamentowe pod przeponą zbroi się jedynie na siły pochodzące od obciążenia pionowego



Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy



Nowe budynki podlegające wpływom deformacyjnym i wstrząsom górniczym o $a_p \leq 250 \text{ mm/s}^2$



Ruszt fundamentowy ze ściągi

W większości projektowanych budynków, szczególnie z kondygnacją piwniczną, nie zachodzi potrzeba wykonywania specjalnego usztywnienia fundamentów za pomocą ściągów

Geometryczną niezmiennosć rzutu poziomego można uzyskać poprzez współpracę fundamentów z odpowiednio wykształconą konstrukcją najniższej kondygnacji.

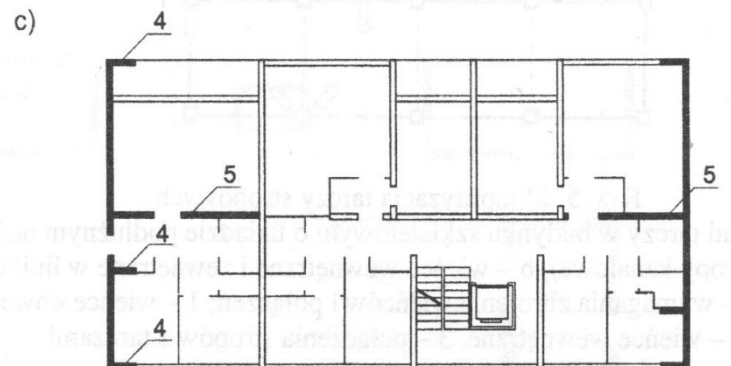
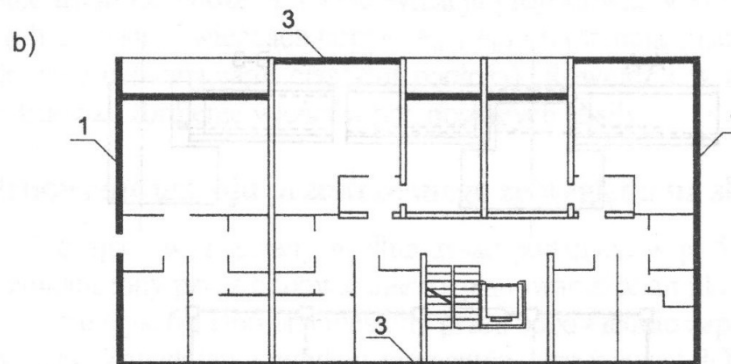
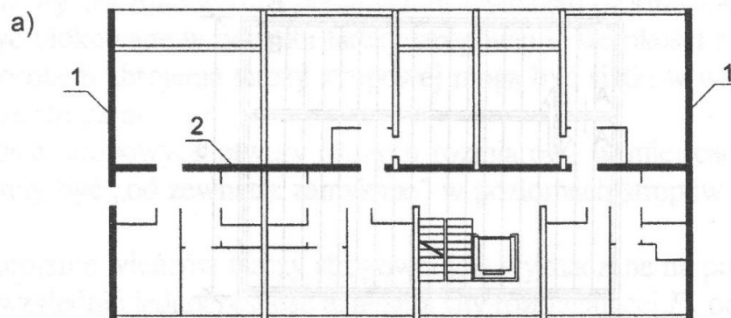
- **Stropy** – należy wykonywać jako monolityczne tarcze, usztywnione w swoich płaszczyznach za pomocą wieńców żelbetowych.
- **Wieńce** – stosuje się po obwodzie oraz wzdłuż wewnętrznych ścian nośnych i usztywniających. Powinny być **zbrojone min 4 ϕ 12** (strop nad kondygnacją piwniczną) zgodnie z PN / PN-EN. Wymagana jest ciągłość zbrojenia wieńców (poprzez spawanie).



Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Nowe budynki podlegające wyłącznie wstrząsom górniczym

➤ Ściany



Stabilizacja nośnych ścian zewnętrznych

a) przez ciągłe ściany podłużne wewnętrzne,
b) przez ciągłe ściany podłużne zewnętrzne,

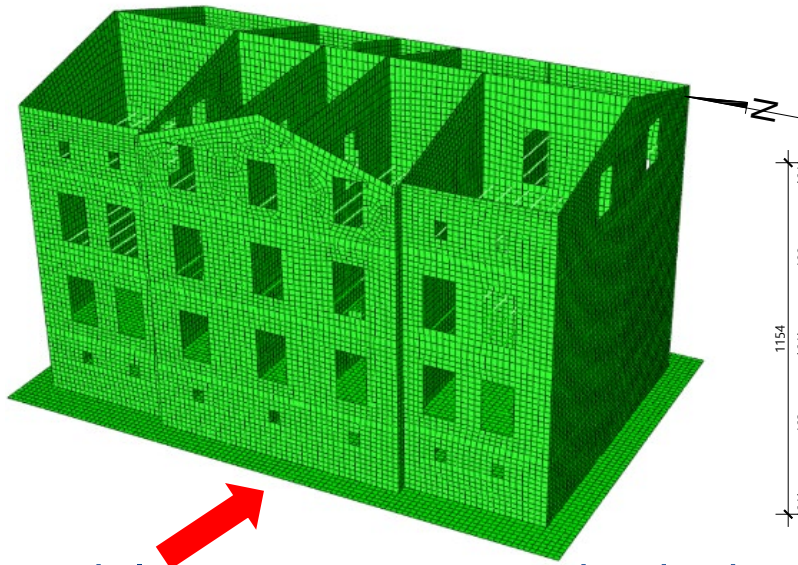
c) przez „pilastry” (ostrogi) lub „ściany odcinkowe” (o wymiarze rozpiętości przęsła);

1 – ściany zewnętrzne nośne, **2** – ściana podłużna wewnętrzna, **3** – ściana podłużna zewnętrzna, **4** – pilastry, **5** – ściana odcinkowa

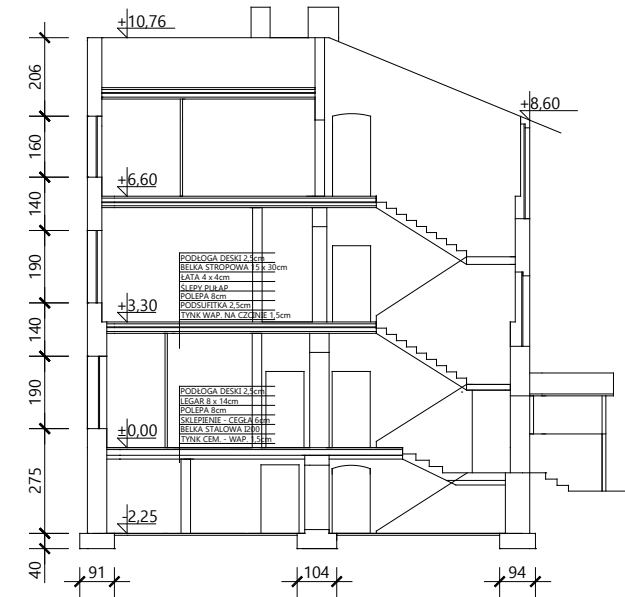
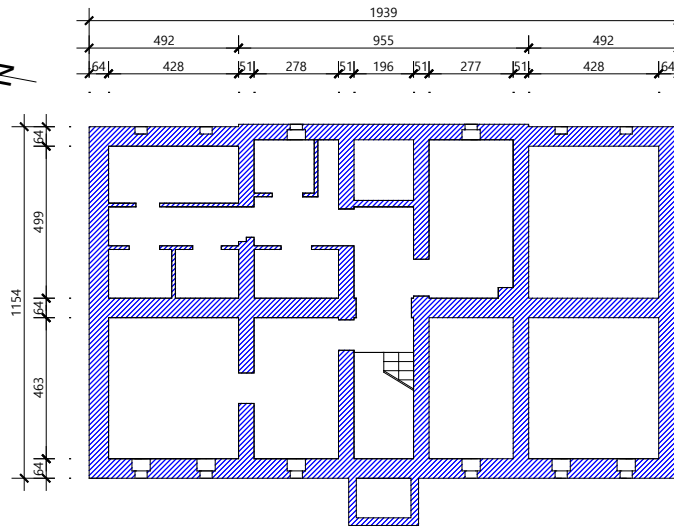


Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

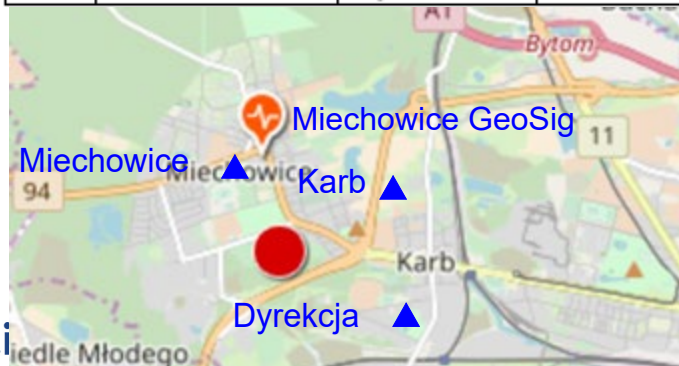
Istniejące budynki podlegające wyłącznie wstrząsom górniczym – analiza z wykorzystaniem MES



Model numeryczny MES budynku



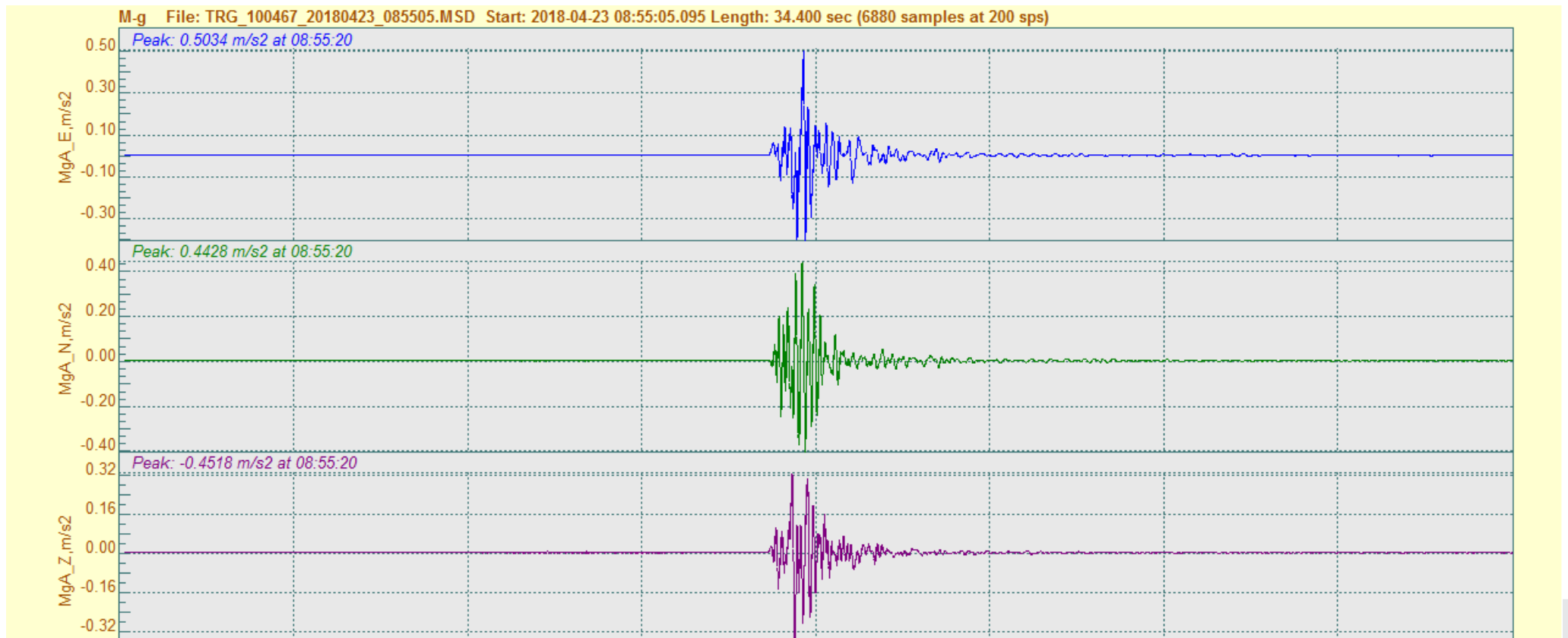
Lp.	Data	Energia	Odległość epicentralna	Wartości pomiarowe (szczytowe)			
				PGV [m/s]	t [s]	PGA _{H10} [mm/s ²]	t [s]
1.	23.04.2018r.	2,0E+09 J	1221	0,025	3,0s	0,544	2,5s
2.	11.08.2018r.	9,0E+08 J	2899	0,012	2,5s	0,297	2,0s



Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy



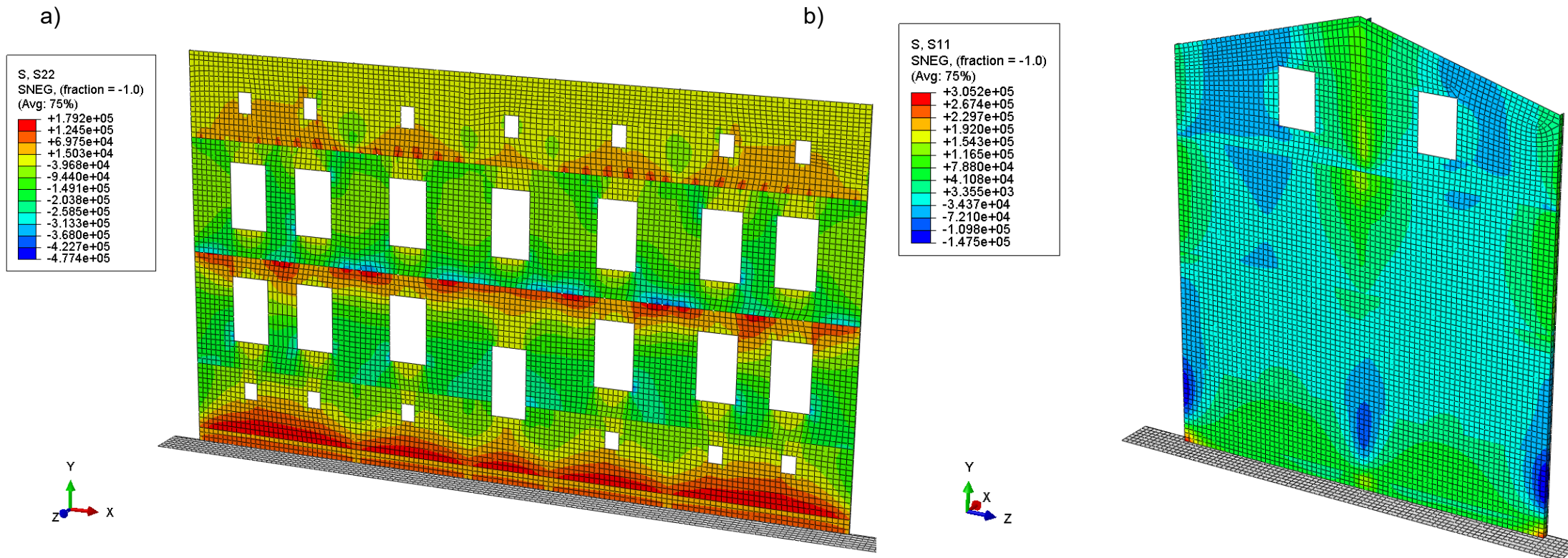
Istniejące budynki podlegające wyłącznie wstrząsom górniczym – analiza z wykorzystaniem MES



Zarejestrowane w dwóch poziomych kierunkach (*N* - północ, *E* - wschód) oraz na kierunku pionowym *Z*, wartości przyspieszeń w czasie trwania wstrząsu zostały przyłożone do modelu obliczeniowego (*Time History Analysis*). Czas trwania obciążenia wynosił 2,5s.

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Istniejące budynki podlegające wyłącznie wstrząsom górniczym – analiza z wykorzystaniem MES



Mapy naprężeń: a) pionowych σ_{22} dla ściany podłużnej, b) poziomych σ_{11} dla ściany szczytowej obciążonych wstrząsem górniczym z kwietnia 2018 r. [Pa]

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI

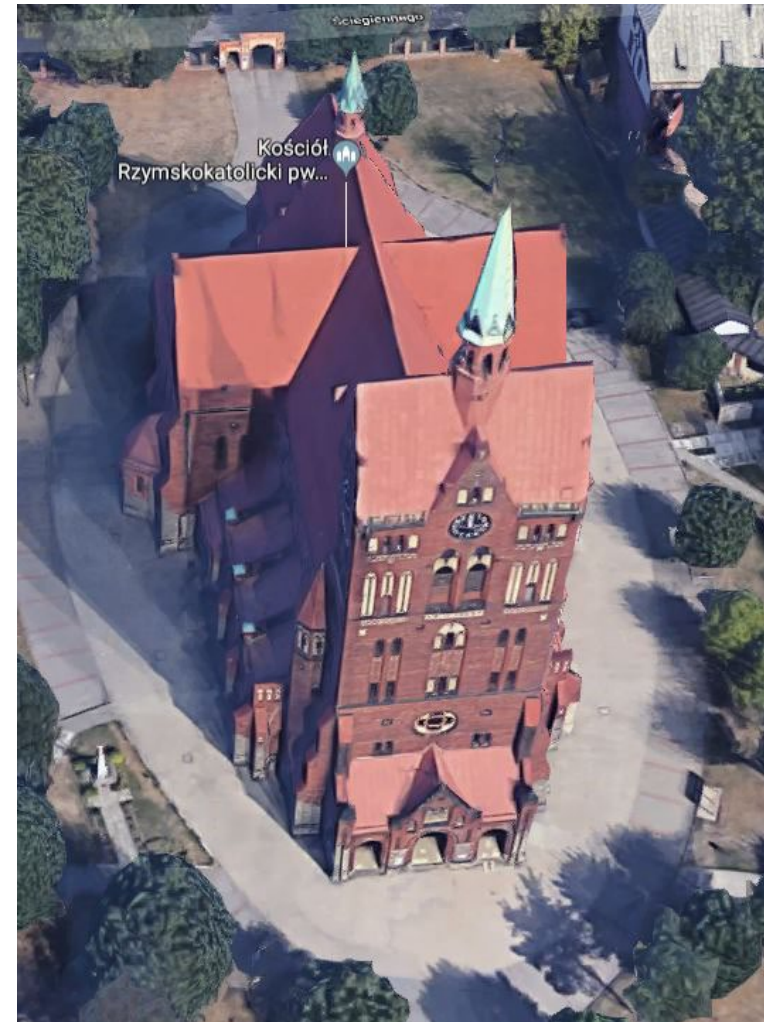
PROCEDURA DIAGNOSTYCZNA BUDYNKÓW NA TERENACH GÓRNICZYCH

I WIZJA LOKALNA
I ZEBRANIE DANYCH TECHNICZNYCH
O BUDYNKU
(w tym szczególności zabezpieczeń na wpływy eksploatacji górniczej)

II OKREŚLENIE DOTYCHCZASOWYCH
I PRZEWIDYWANYCH
WARUNKÓW UŻYTKOWANIA BUDYNKU
(w tym w szczególności warunków górniczych)

III OKREŚLENIE
FAKTYCZNEGO STANU BUDYNKU
- charakterystyka konstrukcyjno-materiałowa
- stan deformacji i uszkodzeń

IV OCENA STANU KONSTRUKCJI
- określenie zagrożeń oraz sposobów
ich usunięcia

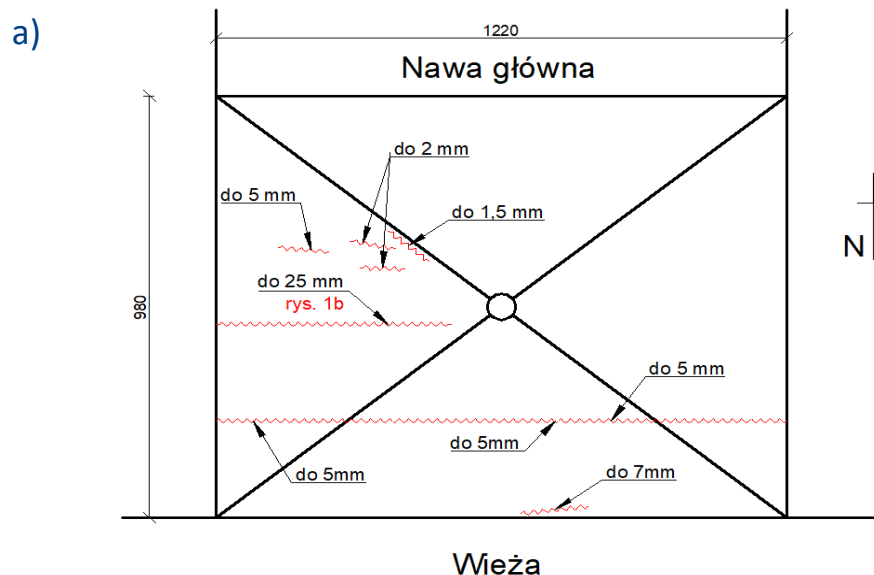


Widok kościoła od strony południowo-zachodniej – źródło www.google.pl/maps

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI



b)



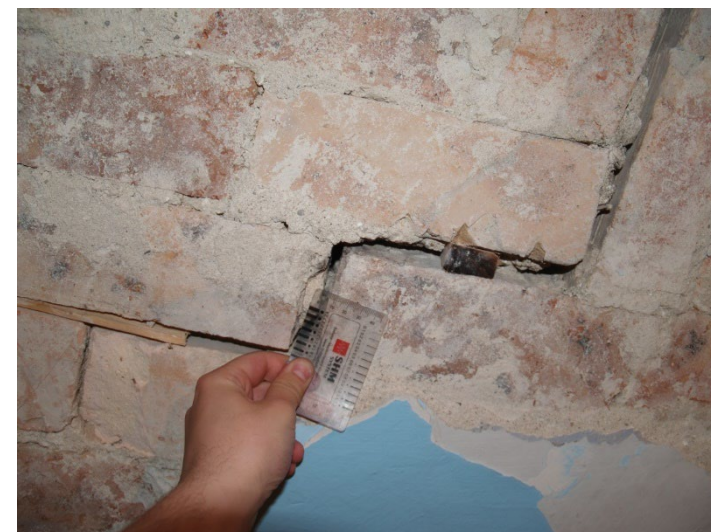
c)



Pęknięcia sklepienia w neogotyckim budynku kościoła

www.itb.pl

d)

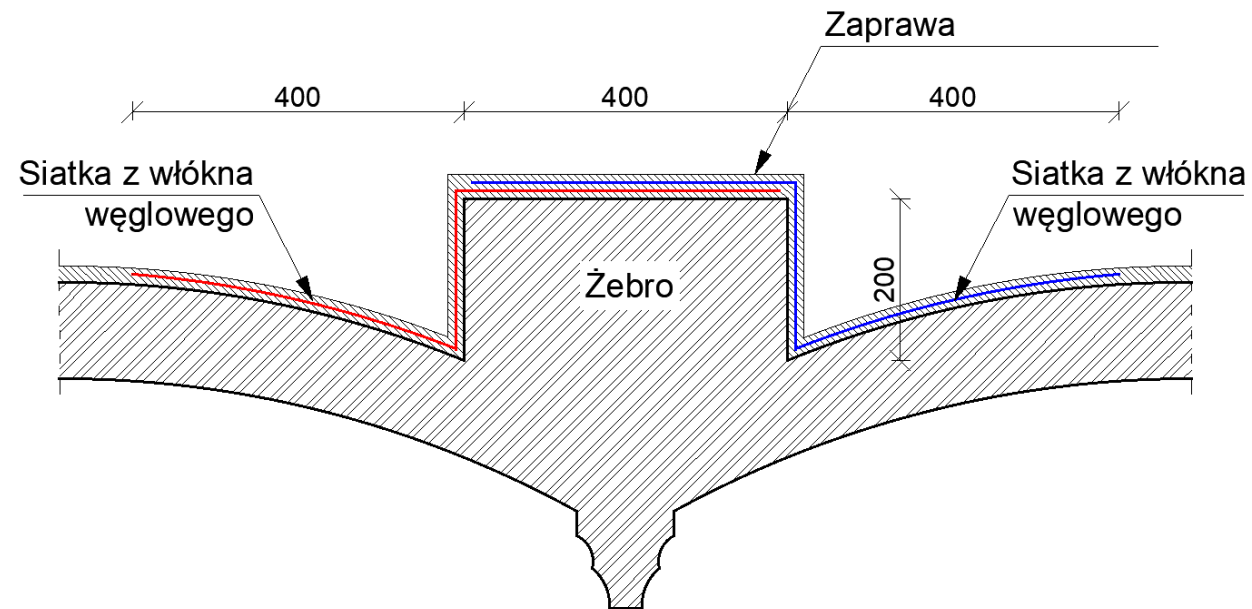


Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy



Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI



Wzmocnienie żeber uszkodzonego sklepienia z wykorzystaniem siatki z włókna węglowego systemem FRCM: a) widok górnej powierzchni sklepienia po zakończeniu realizacji prac, b) schemat wzmocnienia

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

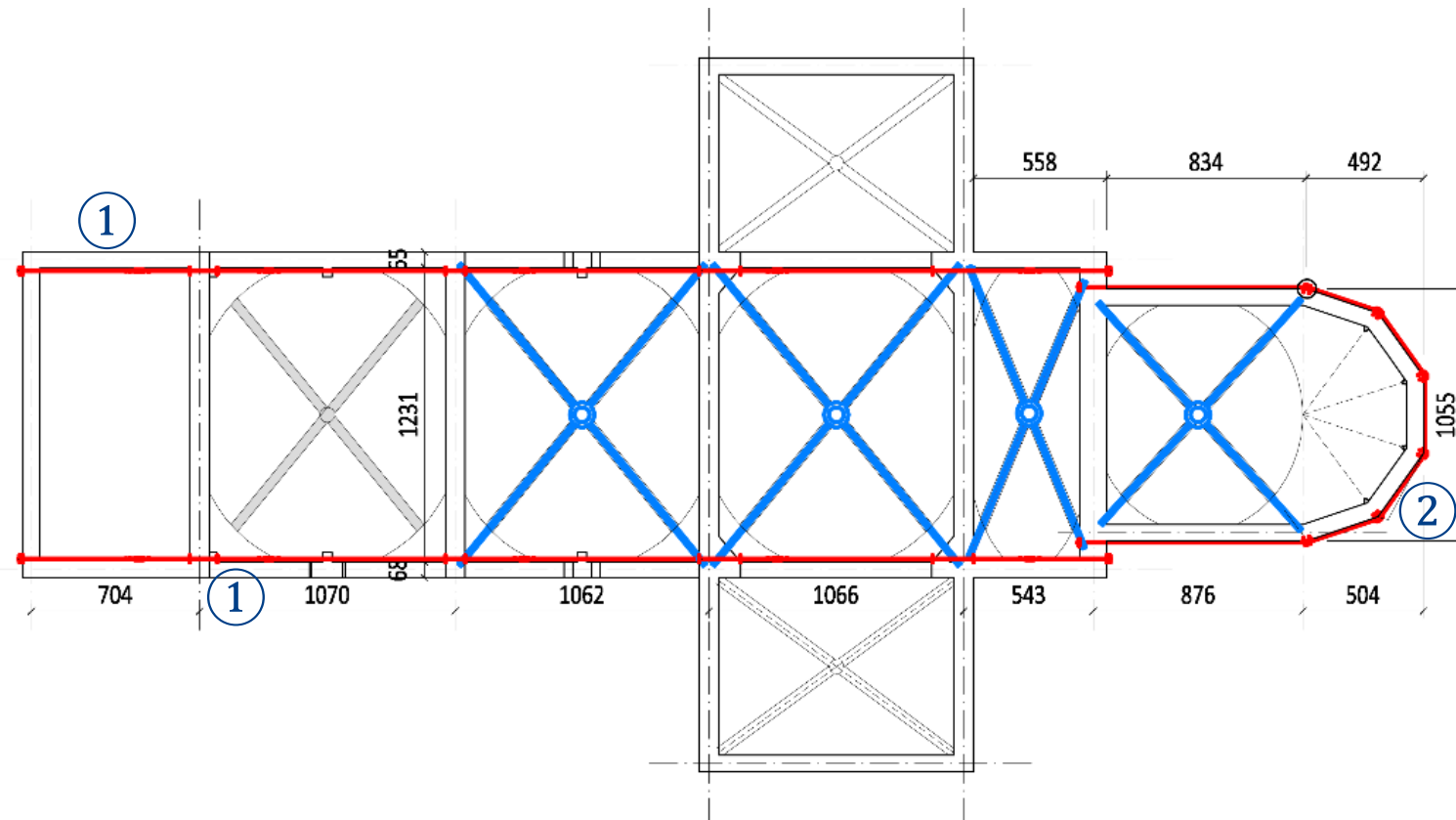
Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI

Budynek kościoła **wzmocniono** przed skutkami dalszej eksploatacji górniczej, na podstawie koncepcji ITB (prof. Marian Kawulok) i projektu prof. Łukasza Drobca, w którym zaproponowano wykonanie stalowych ściągnięć wzdłuż ścian nad strefami oparcia sklepień

W koncepcji ITB zaproponowano skotwić obiekt według poniższego schematu:

- ✓ kotwy ① przebiegające na długości nawy głównej kościoła,
- ✓ kotwa ② przebiegająca wokół prezbiterium oraz przewidziane projektem wzmocnienie żeber (kolor niebieski)

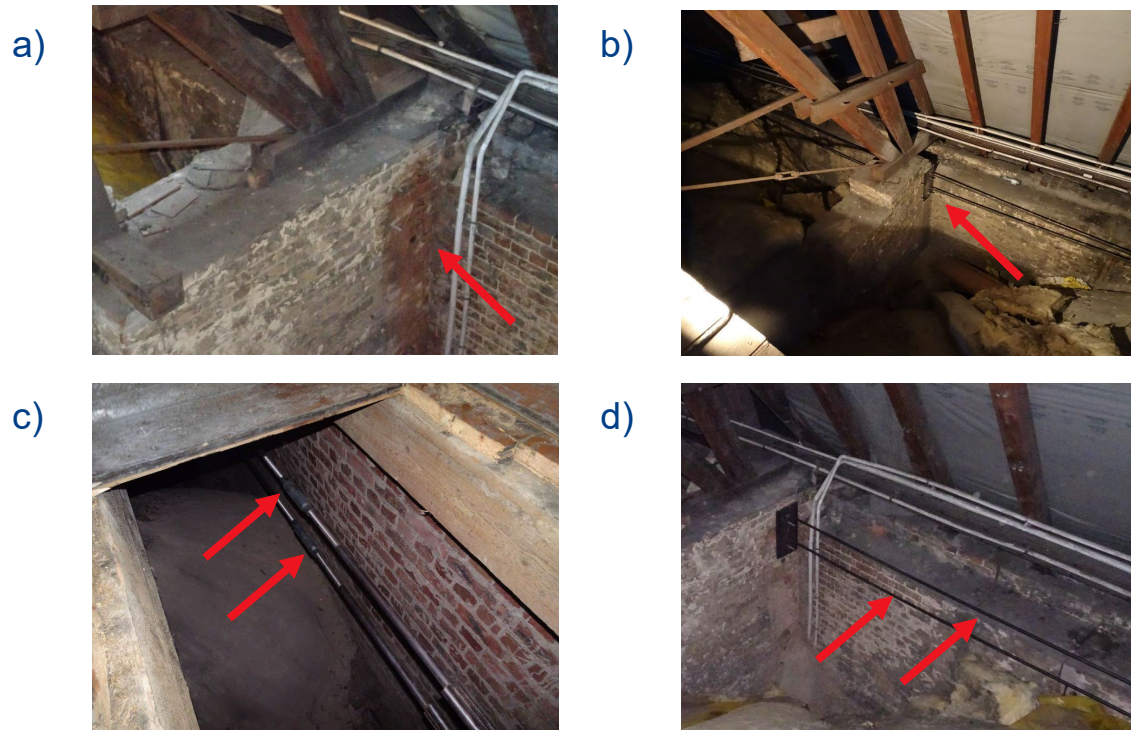


Schemat kotwienia budynku kościoła - rzut

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI



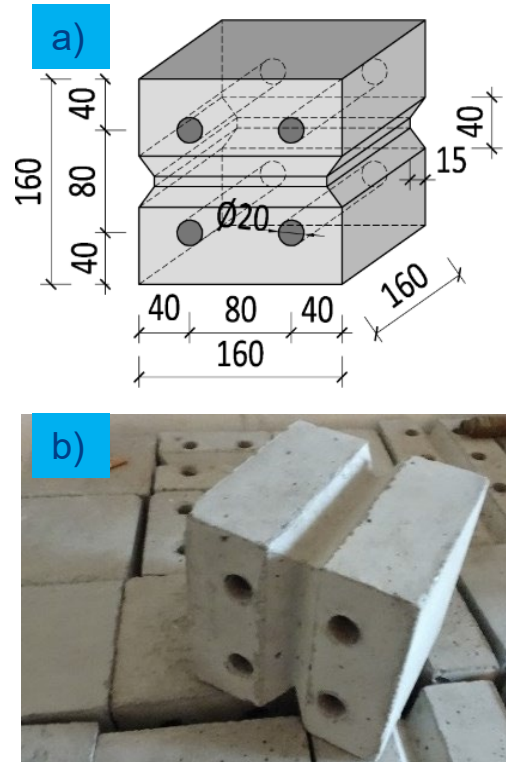
Widok cięgien na zewnątrz
prezbiterium

Etapy wykonywania wzmocnienia nawy ściągamami:
a) wykonanie otworów, b) założenie cięgien,
c) założenie śrub rzymskich, d) naprężanie cięgien

Metody wspomagające proces projektowy nowych budynków i ochronę istniejącej zabudowy

Istniejące budynki – procedura diagnostyczna

Efekt procedury → WZMOCNIENIE KONSTRUKCJI



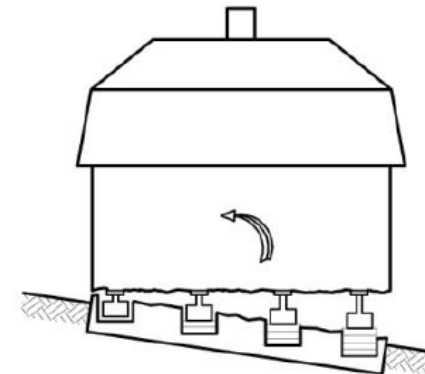
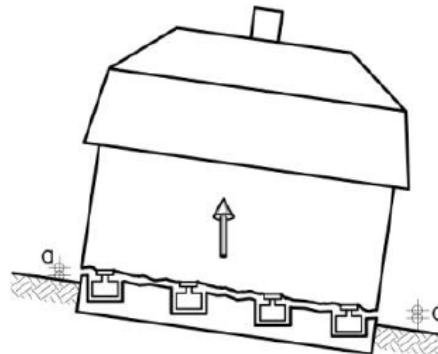
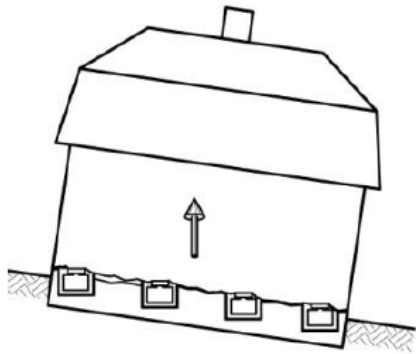
Wzmocnienie żeber sklepień: a) i b) betonowy element wzmocnienia;
c) i d) realizacja wzmocnienia żeber

Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



✓ **Rektyfikacja** (prostowanie) poprzez podnoszenie budynku.

Metoda ta polega na **nierównomiernym podnoszeniu budynku** za pomocą podnośników umieszczonych w pionowych elementach konstrukcyjnych na najniższej kondygnacji obiektu (piwnicy).



a)



b)



c)



Stosowane siłowniki: a) hydrauliczny – domy jednorodzinne

b) o udźwigu do 70t – bloki i większe konstrukcje

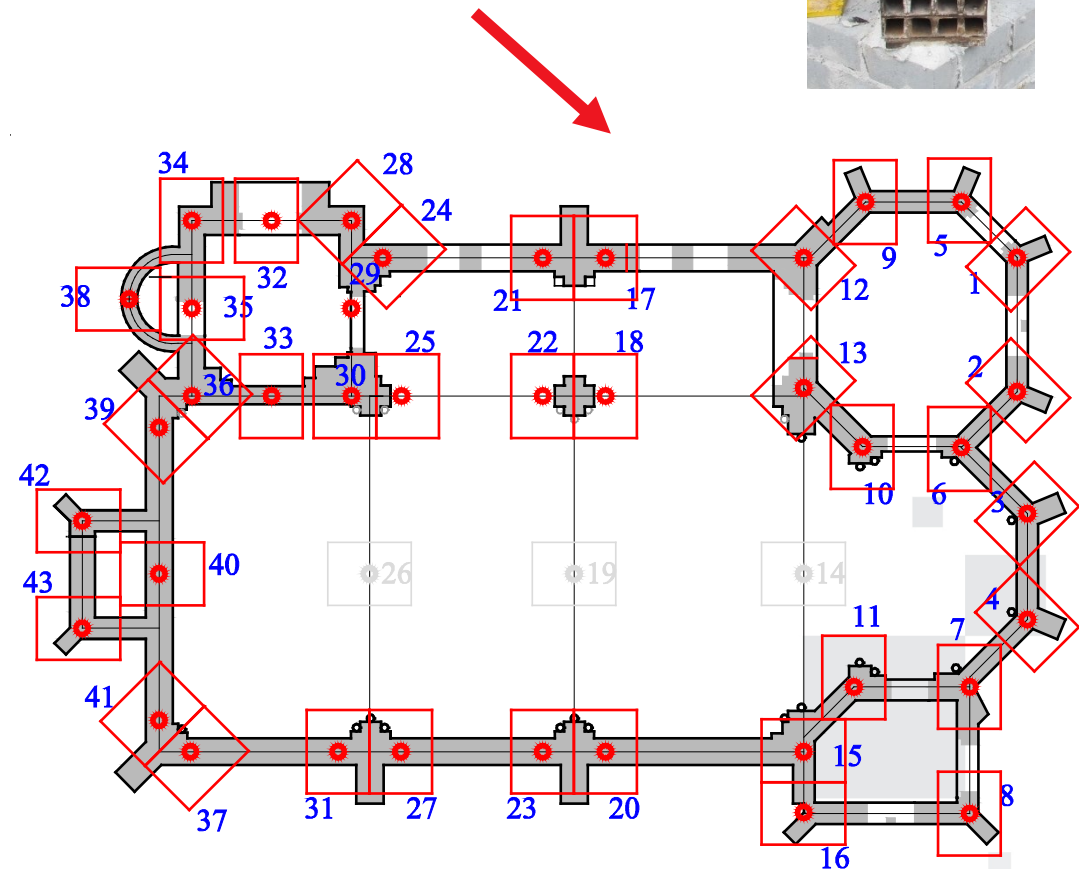
c) membranowy (bloki – obecnie już nie stosowany)

Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



Zabytkowy budynek kościoła przy ul. Matki Ewy w Bytomiu

Schemat rozmieszczenia siłowników

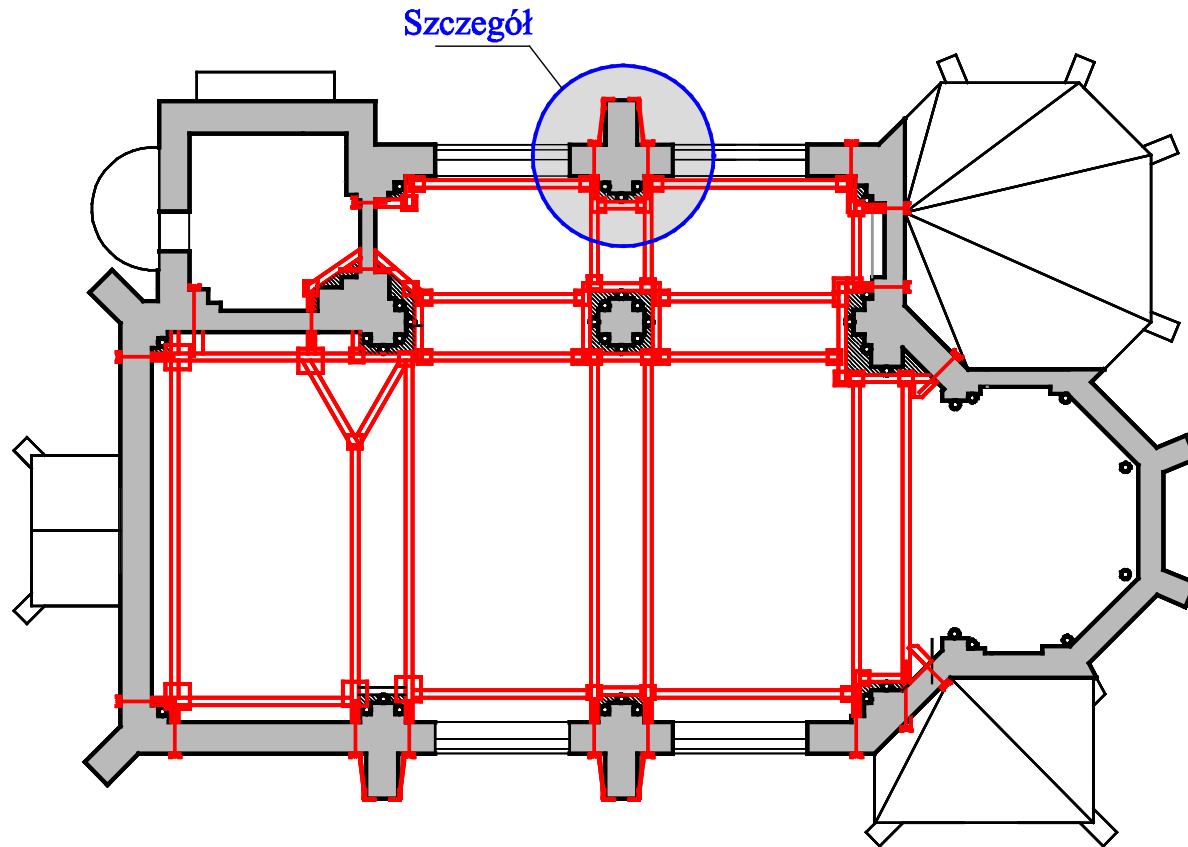


Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



Wzmocnienie w poziomie posadzki

Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



LEGENDA

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | trząpień gwintowany, $\varnothing 24$, L=1160 | | $\varnothing 24$, o długości średniej =1160 |
| | 2 \square 160 | | b1 10x280, L=280 |
| | \square 160, L=1000 | | b1 10x500, L=500 |
| | L-200x200x20, L=1000 | | przeźrzenie wypełniona betonem |

Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



Widok wzmocnienia w poziomie oparcia sklepień

Metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków)



Widok budynku kościoła
po rektyfikacji



Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

✓ Konstrukcja:
jednokondygnacyjna,
wielokrotnie atrialna,



✓ Konstrukcja:
Dwukondygnacyjna
prostopadłościenna
bryła, o wymiarach
maksymalnych
wynoszących 94,0 x
12,0 m

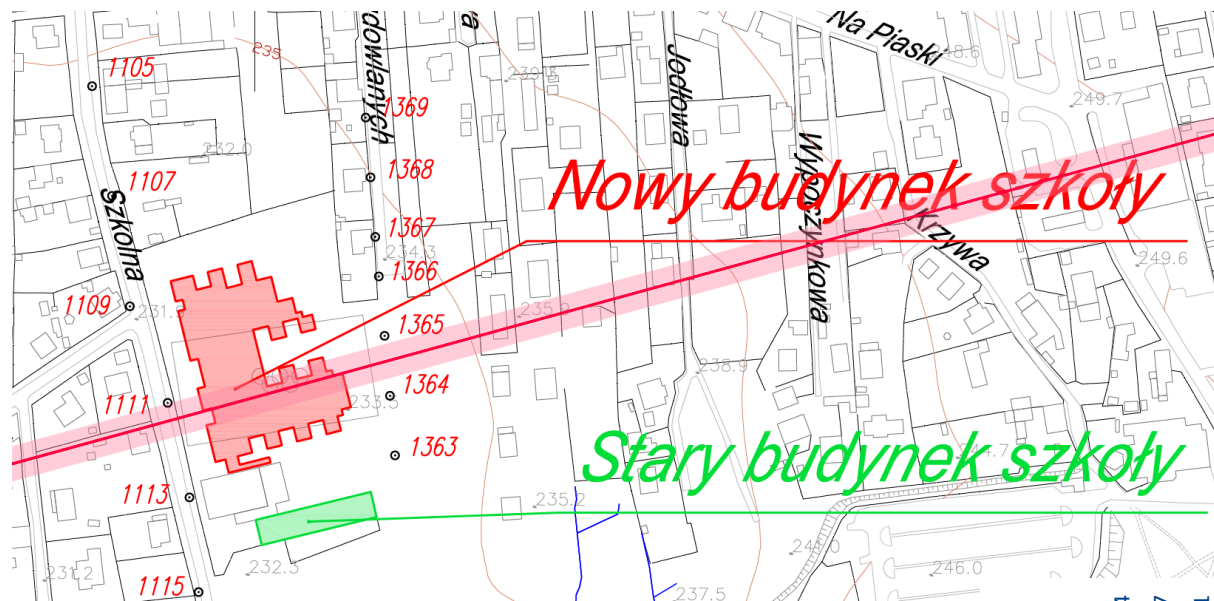
- ✓ posadowienie: bezpośrednio w formie rusztu fundamentowego ze ściągami oraz płyt fundamentowych,
- ✓ ściany fundamentowe żelbetowe monolityczne,
- ✓ ściany nadziemne z bloczków z betonu komórkowego,
- ✓ stropodachy z płyt warstwowych dachowych, z rdzeniem z wełny mineralnej o gr. 15 cm, opartych na belkach z drewna klejonego,
- ✓ zaprojektowano monolityczne trzpienie i obwodowe wieńce żelbetowe.



Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

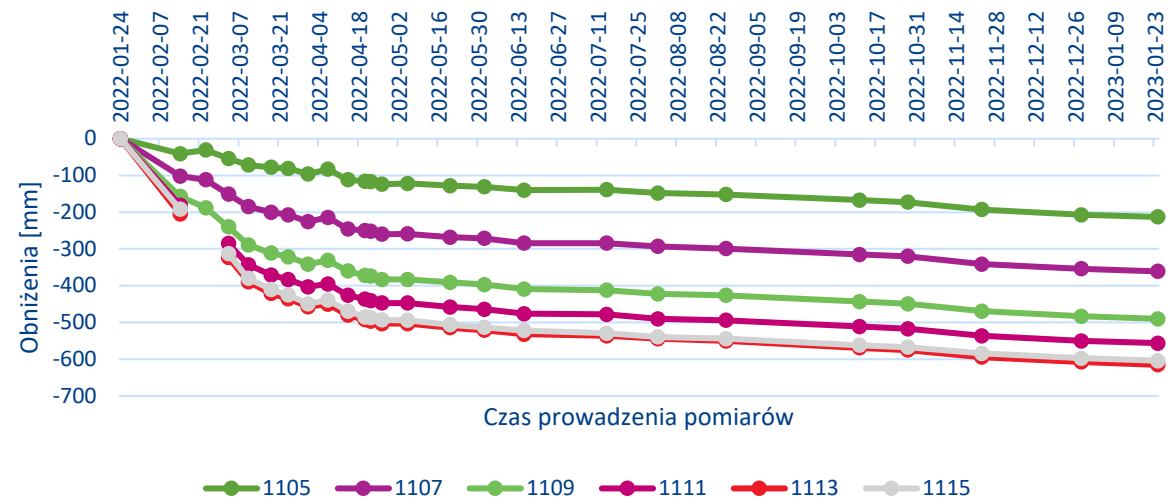
✓ Opis problemu

REALIZACJA INWESTYCJI W TRAKCIE UJAWNIA SIĘ NA POWIERZCHNI INTENSYWNYCH WPŁYWÓW OD PROWADZONEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ



Mapa powierzchni z
oznaczeniem lokalizacji
inwestycji i ciągów
pomiarowych wzdłuż
ul. Szkolnej i Budowlanych

Niwelacja ciągu
pomiarowego wzdłuż
ul. Szkolnej

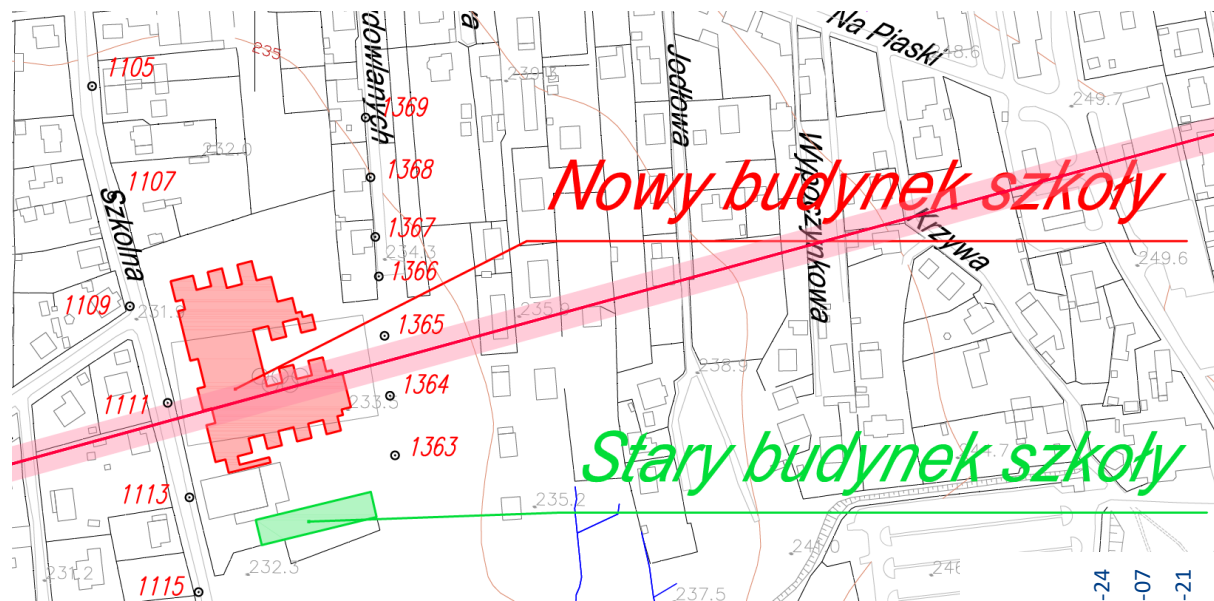




Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

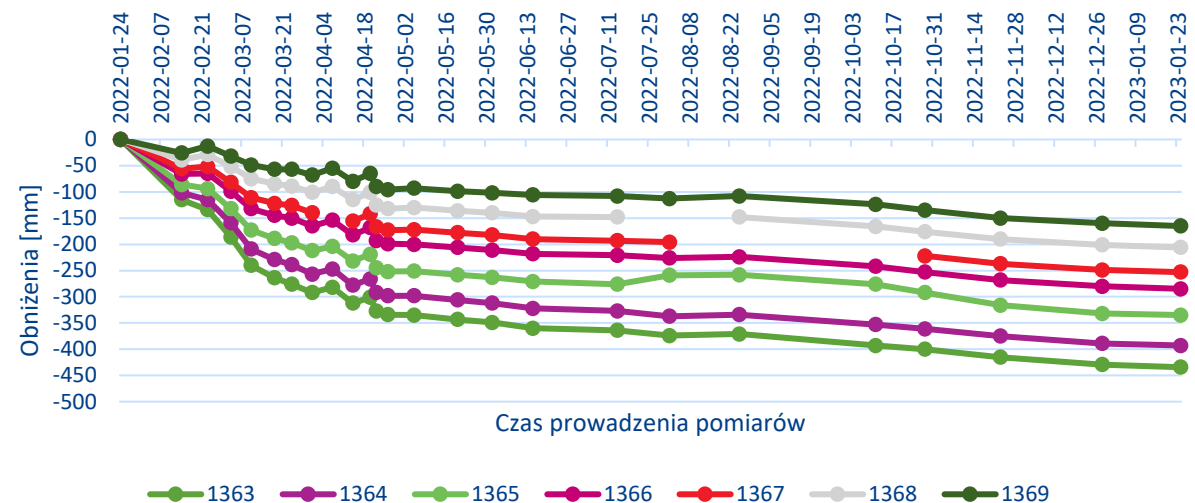
✓ Opis problemu

REALIZACJA INWESTYCJI W TRAKCIE UJAWNIA SIĘ NA POWIERZCHNI INTENSYWNYCH WPŁYWÓW OD PROWADZONEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ



Mapa powierzchni z
oznaczeniem lokalizacji
inwestycji i ciągów
pomiarowych wzdłuż
ul. Szkolnej i Budowlanych

Niwelacja ciągu
pomiarowego wzdłuż
ul. Budowlanych





Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

- ✓ Efekt budowy kompleksu w trakcie ujawniania się na powierzchni terenu wpływów od prowadzonej eksploatacji górniczej

ZNACZNA DEFORMACJA KONSTRUKCJI – GŁÓWNIIE FUNDAMENTÓW I ŚCIAN FUNDAMENTOWCH



Zmniejszenie przerwy
dylatacyjnej z projektowanej
10cm do 6,5cm



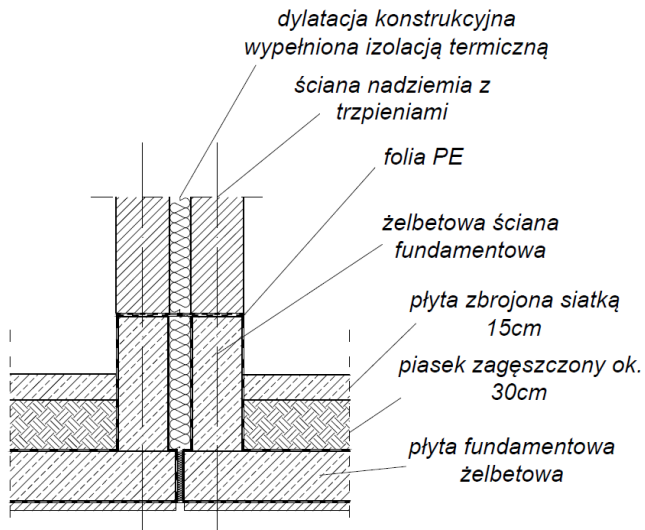
Przesunięcie osi konstrukcyjnych:
pomarańczowy – pierwotna,
różowy - przesunięta

Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

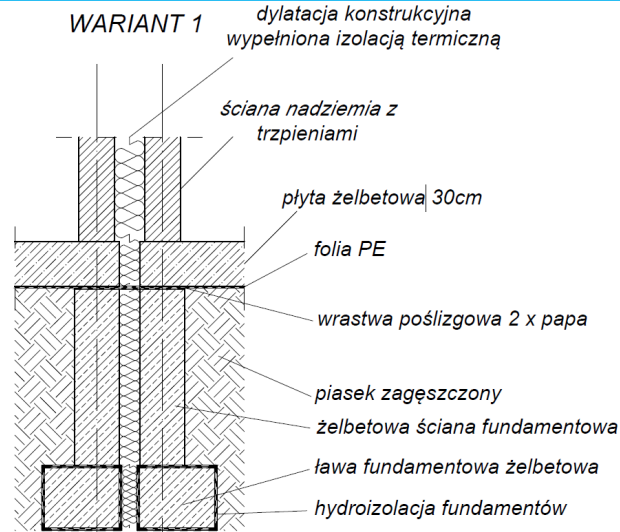
✓ Koncepcja naprawy – wybór wariantu

Segment dwukondygnacyjny

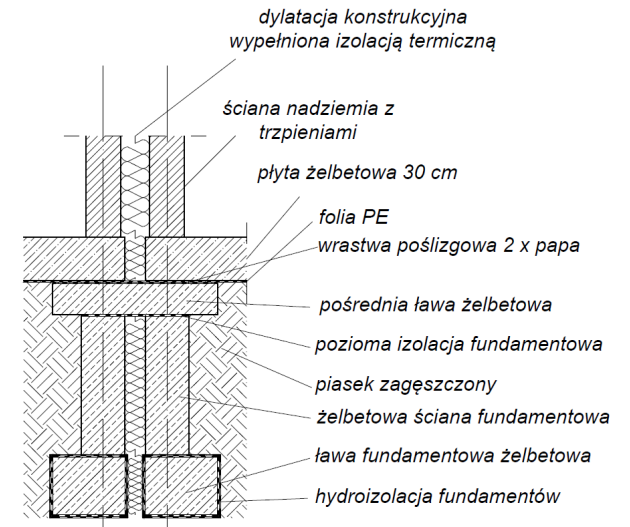
STAN ISTNIEJĄCY



WARIANT 1

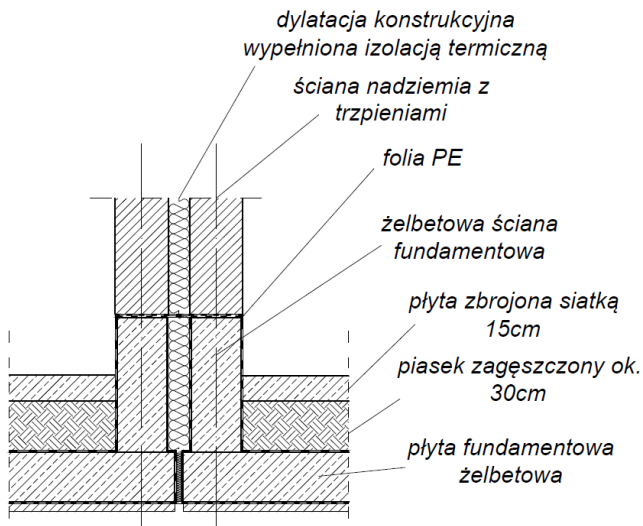


WARIANT 2

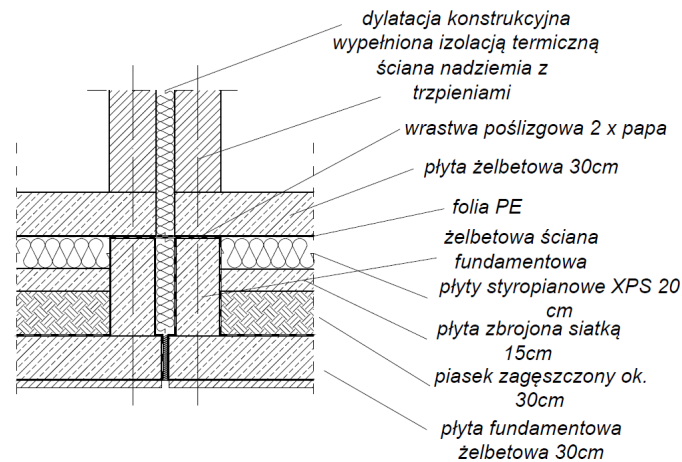


Segmenty jednokondygnacyjne

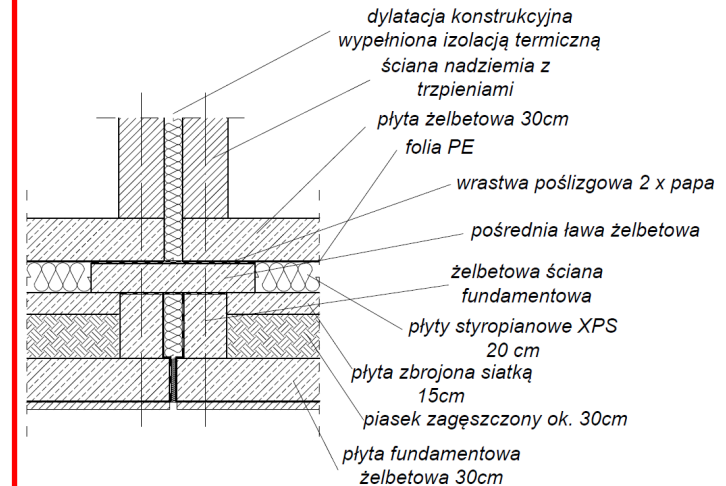
STAN ISTNIEJĄCY



WARIANT 1



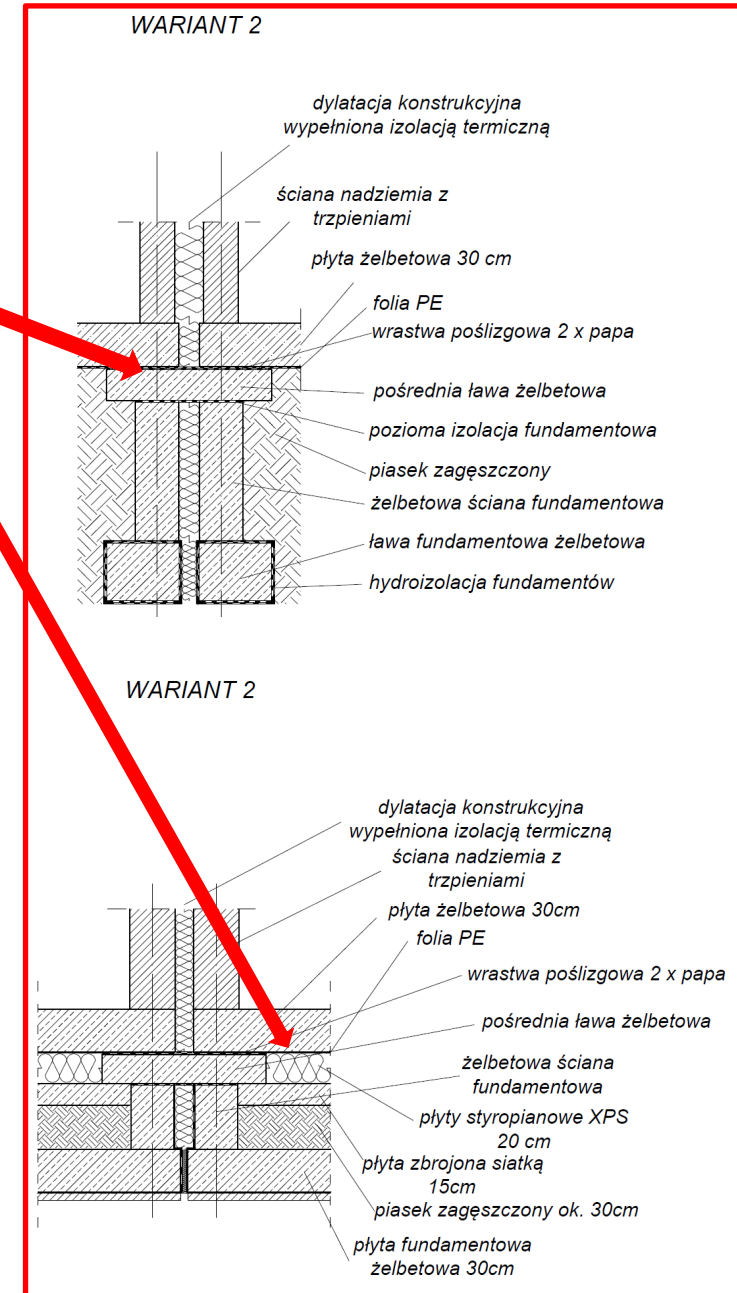
WARIANT 2



Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

✓ Koncepcja naprawy wg wariantu 2 (główne założenia)

- nowe płyty fundamentowe w jednym poziomie dla wszystkich segmentów,
- uszkodzone elementy konstrukcji ze zmienioną geometrią pozostają tam gdzie zostały wykonane,
- w miejscach gdzie konstrukcja nie została wykonana, należy zrealizować prace zgodnie z projektem a powyżej wykonać płytę fundamentową,,
- przed wykonaniem nowej płyty fundamentowej należy wyrównać poziom posadowienia przez wyrównanie ścian fundamentowych (nadbudowę lub podcięcie),
- wykonanie dylatacji o szerokości ustalonej w projekcie na konstrukcji płyty fundamentowej wg *wariantu 2*.





Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

✓ Nadzór nad realizacją prac





Przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemy w trakcie budowy, wyniki prowadzonego nadzoru

✓ Nadzór nad realizacją prac



29.04.2022r.



20.07.2022r.



12.10.2022r.



27.02.2023r.

Podsumowanie



- ✓ w prezentacji przedstawiono ogólne informacje na temat rodzajów wpływów górniczych na powierzchnię terenu, uwzględniane jako zagrożenia zarówno w procesie projektowania konstrukcji budowlanych jak i analizy istniejącej zabudowy,
- ✓ przedstawiono metody wspomagające proces projektowy nowych budynków, ujęte w wytycznych ITB oraz narzędzia obliczeniowe wykorzystywane w analizach związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy wpływami działalności górniczej a ich negatywnymi skutkami w istniejącej zabudowie,
- ✓ na przykładzie pokazano również metody wspomagające proces naprawy szkód w istniejących budynkach (usunięcie wychylenia budynków),
- ✓ podany został przykład projektowania i realizacji kompleksu szkoły, problemów jakie wystąpiły w trakcie budowy oraz przedstawiono wyniki prowadzonego nadzoru



Dziękuję za uwagę