

12. DNI OSZCZĘDZANIA ENERGII
MODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH
Wrocław, 14-15.11.2018 r.

Innowacyjne rozwiązania w zakresie termoizolacji, akustyki i p.poż. stosowane przy pracach modernizacyjnych – wybrane zagadnienia

dr inż. Krzysztof Pawłowski



Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska



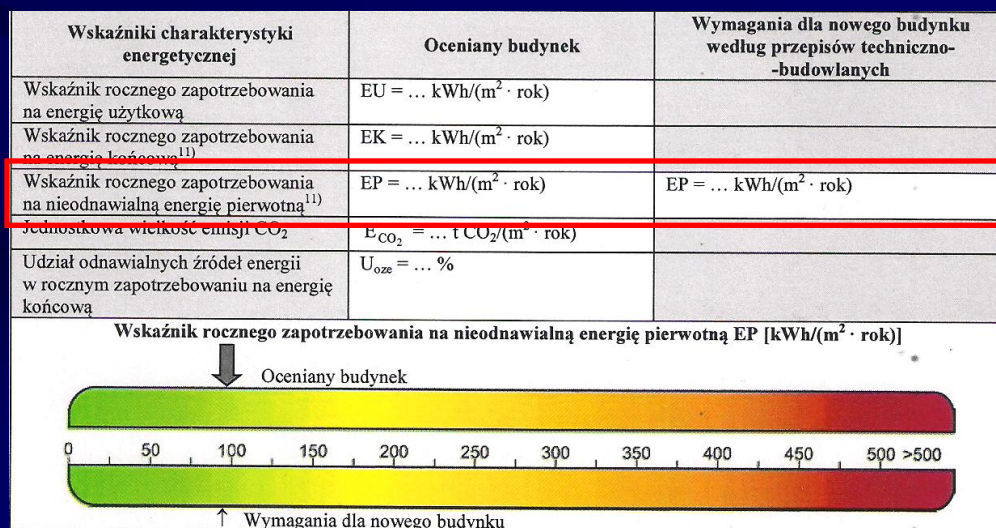
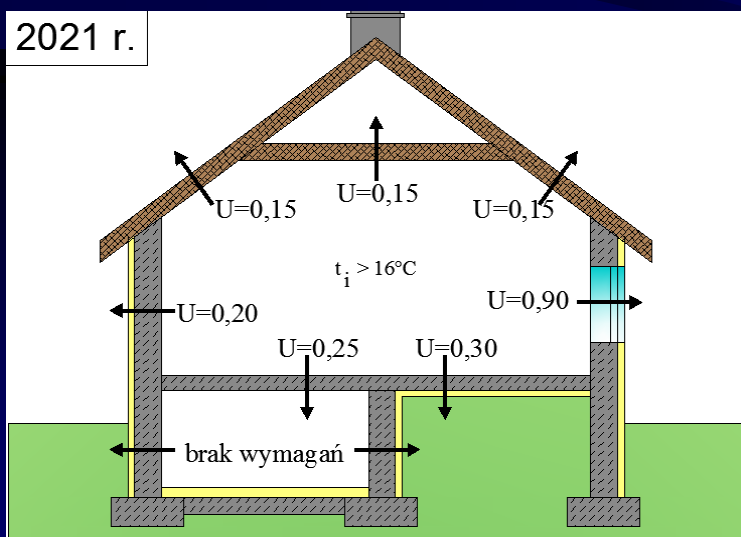
PLAN PREZENTACJI

- Wymagania prawne w zakresie ochrony cieplnej i oszczędności energii
- Wymagania prawne a innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjnych
- Przykładowe rozwiązania materiałowe w zakresie ocieplenia przegród i złączy budowlanych
- Innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjne a parametry fizyczne przegród zewnętrznych i złączy budowlanych
- Wybrane aspekty akustyczne i p.poż. przy pracach modernizacyjnych
- Podsumowanie i wnioski

BUDYNEK, ZEWNĘTRZNE PRZEGRODY BUDOWLANE I ICH ZŁĄCZA – WYMAGANIA

Krajowy Plan Wsparcia

Krajowy plan wsparcia ... zawiera rekomendowaną do stosowania w praktyce krajową definicję: „**BUDYNEK O NISKIM ZUŻYCIU ENERGII**” to budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością zawarte w przepisach techniczno-użytkowych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy – Prawo budowlane, tj. w szczególności dział X oraz załącznik 2 do rozporządzenia W.T.-2014 obowiązujące od **1 stycznia 2021 roku** (w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – **od 1 stycznia 2019 r.**)



WYMAGANIA CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE wg „W.T. – 2018”

KRYTERIUM OSZCZĘDNOŚCI ENERGII I OCHRONY CIEPLNEJ

- I – zaprojektowanie budynku o zapotrzebowaniu na energię pierwotną **EP** [kWh/(m²·rok)] o wartości spełniającej wymagania „W.T.-2018”
- II – zaprojektowanie przegród w budynku, aby wartości współczynników przenikania ciepła **U_c** [W/(m²·K)] przegród zewnętrznych, okien, drzwi oraz technika instalacyjna odpowiadały wymaganiom „W.T.-2018”
- III – wymagania w zakresie oporu cieplnego izolacji obwodowej dla przegrody stykającej się z gruntem **R_{min.}** [(m²·K)/W]
- IV – wymagania w zakresie ochrony przed przegrzewaniem pomieszczeń w okresie letnim **g** [-]

KRYTERIUM WILGOTNOŚCIOWE

- I – ryzyko rozwoju kondensacji powierzchniowej – obliczenie czynnika temperaturowego **f_{Rsi}** [-]
- II – ryzyko rozwoju kondensacji międzywarstwowej

Istnieje potrzeba zastosowania innowacyjnych rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych i złączy budynków poddawanych modernizacji, w zakresie:

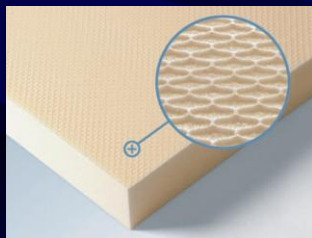
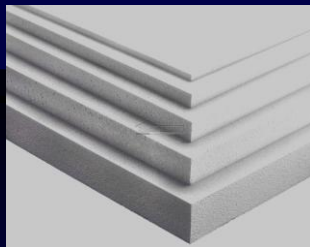
- zastosowania innowacyjnych /efektywnych/ materiałów termoizolacyjnych o niskiej wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] – osiągając mniejsze ich grubości oraz o odpowiedniej wartości oporu dyfuzyjnego μ [-] – eliminując ryzyko kondensacji międzywarstwowej
- poprawnego ukształtowania układów materiałowych przegród zewnętrznych i ich złączy minimalizując dodatkowe straty ciepła oraz ryzyko występowania kondensacji międzywarstwowej i na wewnętrznej powierzchni przegrody przy zastosowaniu procedur, tzw. „szkoły projektowania złączy budowlanych”

Projektowanie to opiera się na szczegółowych obliczeniach i analizach w aspekcie **cieplno-wilgotnościowym**, **akustycznym** i **p. poż.** oraz wytypowaniu poprawnych rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych przegród zewnętrznych i ich złączy

Dobór materiałów termoizolacyjnych – zapewnienie **odpowiednich parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych i złączy budowlanych** oraz **optymalnych parametrów mikroklimatu wnętrza**

OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

- płyty styropianowe EPS
- płyty styropianowe grafitowe
- płyty styropianowe warstwowe /szary, biały/
- płyty z polistyrenu ekstrudowanego XPS
- płyty z wełny mineralnej skalnej
- płyty z pianki poliuretanowej PIR/PUR, płyty fenolowe /rezolowe/
- maty aerożelowe, porogel
- izolacje próżniowe VIP
- izolacje transparentne

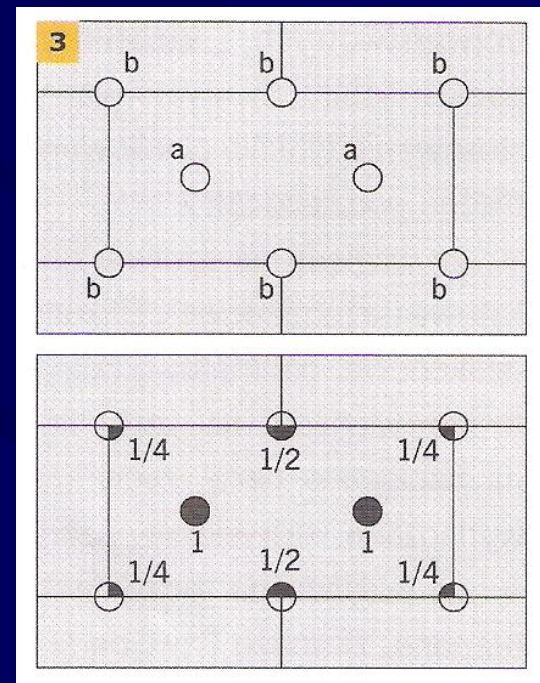
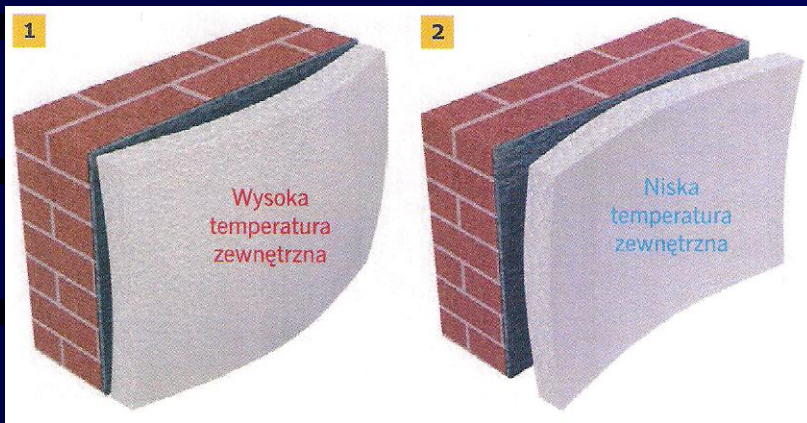


OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

- metody dociepleń: ciężka mokra, lekka mokra, lekka sucha
- dobór materiału termoizolacyjnego:
 - **niska wartość współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$**
 - niska wilgotność i nasiąkliwość zarówno w trakcie wbudowania jak i użytkowania
 - odpowiednia wytrzymałość mechaniczna
 - **odporność na działanie ognia: niepalność, trudno zapalność** – odpowiednia klasa reakcji na ogień
 - odporność na wpływy biologiczne
 - odporność na działanie materiałów, z którymi będzie się stykać po wbudowaniu
 - brak trwałego zapachu i brak szkodliwego oddziaływania na ludzi i zwierzęta
 - znaczna trwałość w zmiennych warunkach eksploatacyjnych
 - **odpowiednia izolacyjność akustyczna przegród**
 - małe obciążenie środowiska naturalnego podczas produkcji i utylizacji materiałów rozbiórkowych

OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH – wybrane problemy projektowe, wykonawcze:

- mocowanie materiałów termoizolacyjnych
- nieszczelności w warstwie izolacji cieplnej
- wpływ łączników mechanicznych na izolacyjność przegród poddawanych termomodernizacji



OCIEPLENIE STROPODACHÓW DWUDZIELNYCH I STROPÓW NAD PODDASZAMI NIEUŻYTKOWANYMI

- wełna celulozowa
- wełna mineralna



OCIEPLENIE DACHÓW DREWNIANYCH

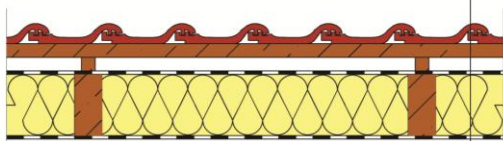
- płyty drzewne
- płyty z wełny owczej
- płyty z wełny mineralnej
- pianka poliuretanowa PIR/PUR /technologia natryskowa, płyty/



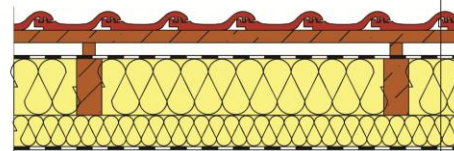
OCIEPLENIE DACHÓW DREWNIANYCH

- płyty z wełny mineralnej
- płyty z pianki poliuretanowej

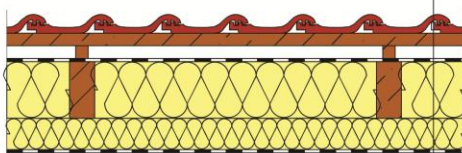
1. Dachówka ceramiczna
2. Łata
3. Kontrłata/szczelina dobrze wentylowana
4. Folia wysokoparoprzepuszczalna
5. Izolacja cieplna/krowiew
6. Folia paroizolacyjna
7. Płyta gipsowo-kartonowa



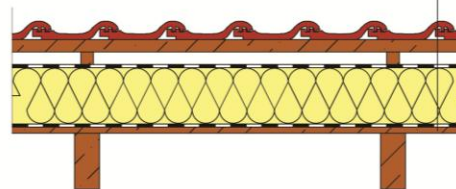
1. Dachówka ceramiczna
2. Łata
3. Kontrłata/szczelina dobrze wentylowana
4. Folia wysokoparoprzepuszczalna
5. Izolacja cieplna
6. Dodatkowa warstwa izolacji cieplnej
7. Folia paroizolacyjna
8. Płyta gipsowo-kartonowa



1. Dachówka ceramiczna
2. Łata
3. Kontrłata/szczelina dobrze wentylowana
4. Folia wysokoparoprzepuszczalna
5. Izolacja cieplna
6. Dodatkowa warstwa izolacji cieplnej
7. Folia paroizolacyjna
8. Płyta gipsowo-kartonowa



1. Dachówka ceramiczna
2. Łata
3. Kontrłata/szczelina dobrze wentylowana
4. Folia wysokoparoprzepuszczalna
5. Izolacja cieplna
6. Folia paroizolacyjna
7. Deskowanie
8. Krokiew



OCIEPLENIE PRZEGRÓD STYKAJĄCYCH SIĘ Z GRUNTEM

- polistyren ekstrudowany XPS
- szkło piankowe /białe, czarne/



OCIEPLENIE OD WEWNĄTRZ

- płyty z lekkiej odmiany betonu komórkowego – Multipor
- płyty klimatyczne
- tynki renowacyjne (ciepłochronne)



OCIEPLENIE PRZEGRÓD MATERIAŁAMI TERMOIZOLACYJNYMI „NOWEJ GENERACJI”

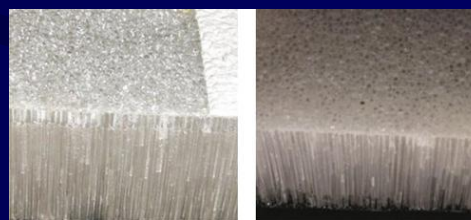
- aerożel, porogel



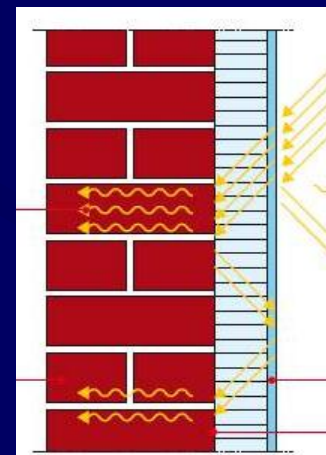
- izolacje refleksyjne
- izolacje próżniowe VIP



- izolacje transparentne



- pianosilikaty
- **nanomateriały izolacyjne**



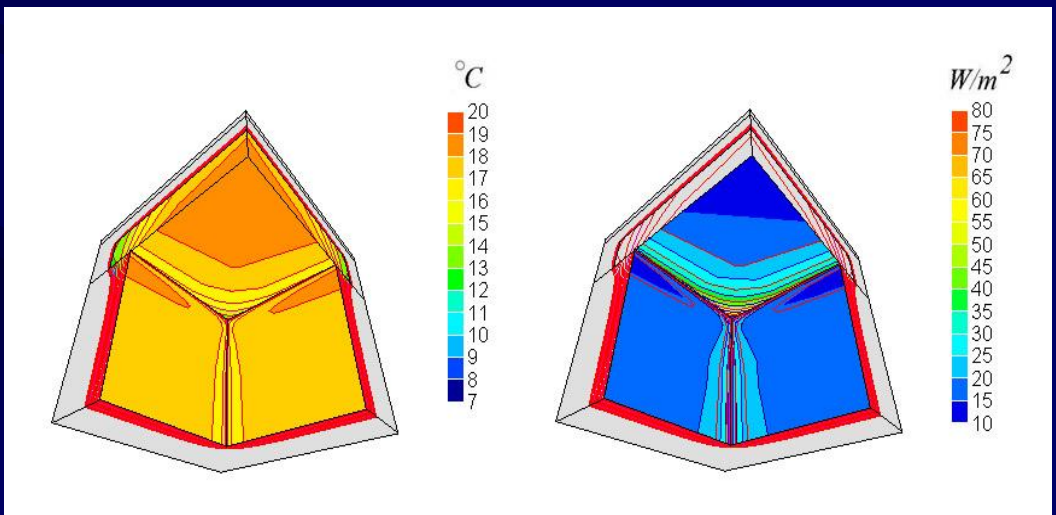
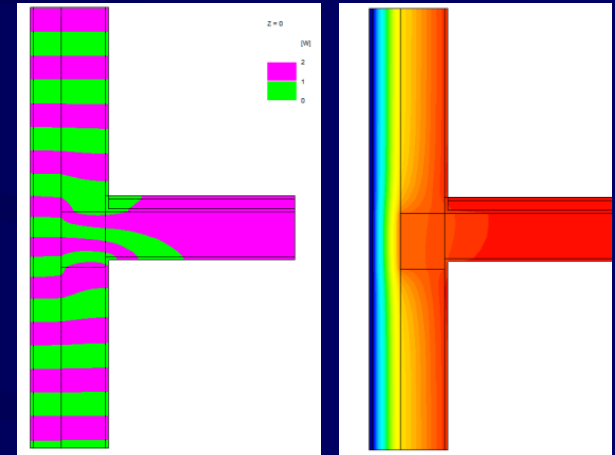
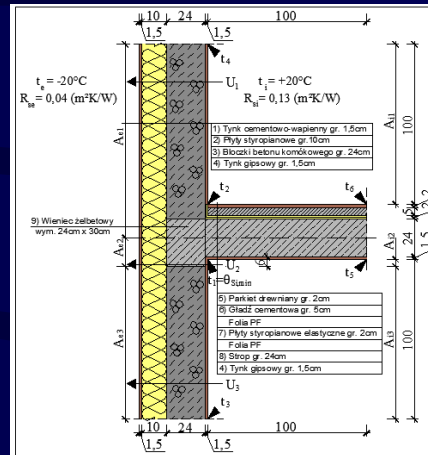
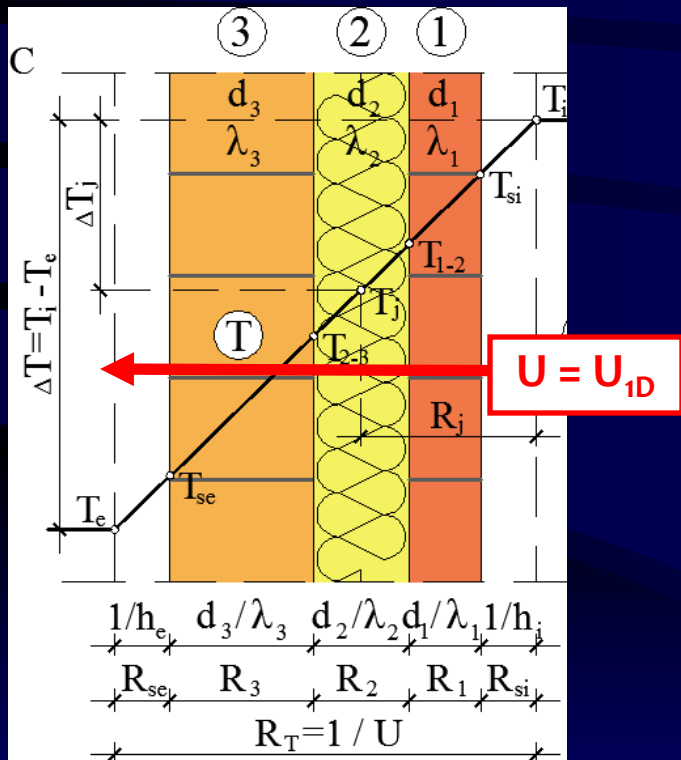
INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA MATERIAŁÓW TERMOIZOLACYJNYCH A PARAMETRY FIZYKALNE PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ZŁĄCZY BUDOWLANYCH

W celu poszukiwania poprawnego rozwiązania układu materiałowego spełniającego obowiązujące wymagania cieplno-wilgotnościowe należy wykonać szczegółowe obliczenia parametrów fizycznych:

- strumień cieplny Φ [W]
- współczynnik przenikania ciepła pełnej przegrody U (U_{1D}) [$W/(m^2 \cdot K)$]
- liniowy współczynnik sprzężenia cieplnego L^{2D} [$W/(m \cdot K)$]
- liniowy współczynnik przenikania ciepła (określający dodatkowe straty ciepła wynikające z występowania liniowych mostków cieplnych) Ψ [$W/(m \cdot K)$]
- temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego $\vartheta_{min.}$ [$^{\circ}C$]
- czynnik temperaturowy, określony na podstawie temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego $f_{Rsi(2D)}$ [-]

A PARAMETRY FIZYKALNE PRZĘGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ZŁĄCZY BUDOWLANYCH

W wielu przypadkach rozwiązanie przepływu ciepła sprowadza się do przenikania ciepła przez płaską przegrodę budowlaną w polu jednowymiarowym (1D), bez uwzględnienia przepływu ciepła w polu dwuwymiarowym (2D) i trójwymiarowym (3D)

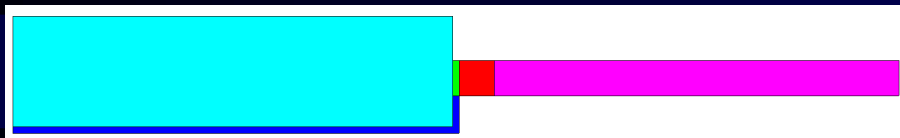


OBLICZENIA WŁASNE

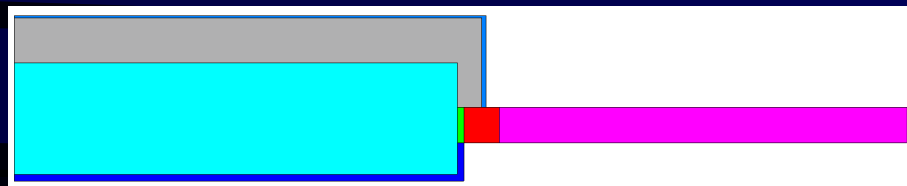
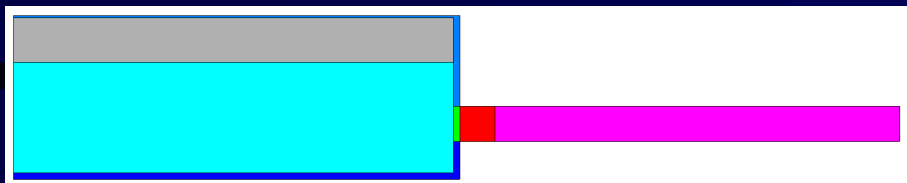
Obliczenia parametrów fizykalnych złączy ścian zewnętrznych

- połączenie ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez ościeżnicę (5 wariantów obliczeniowych)

bez ocieplenia – wariant I



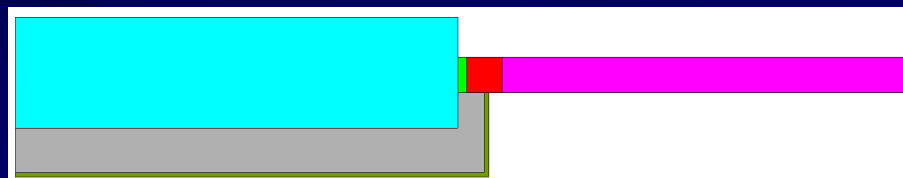
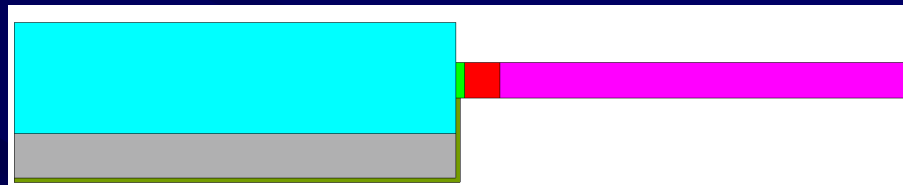
ocieplenie od zewnątrz – wariant II, III



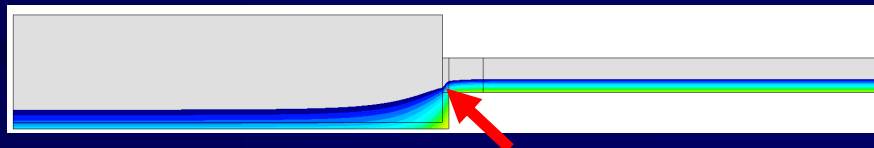
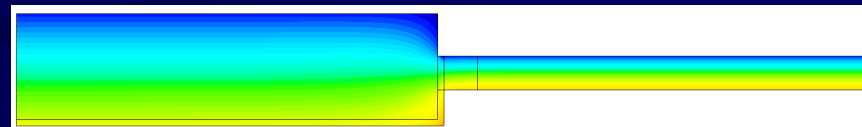
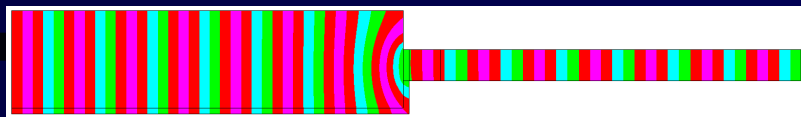
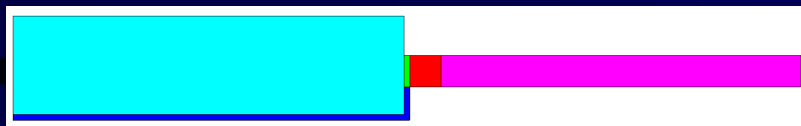
- ściana zewnętrzna dwuwarstwowa:**
 - cegła pełna gr. 25 cm / $\lambda=0,77 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ /
 - płyty rezolowe gr. 10-20cm
 $\lambda=0,021 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ /
 - tynk gipsowy gr. 1 cm
 $\lambda=0,40 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ /

- stolarka okienna**
o współczynniku przenikania ciepła
 $U_w=1,76 / 0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,

ocieplenie od wewnątrz – wariant IV, V

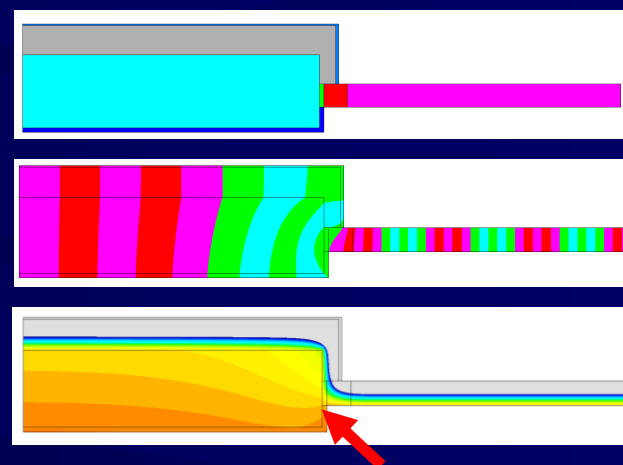
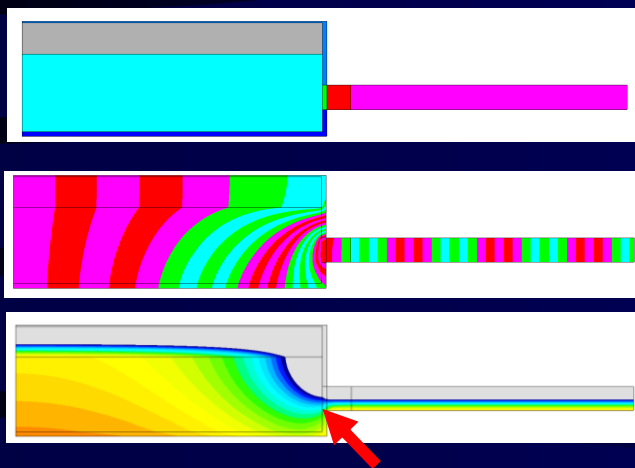


OBLICZENIA WŁASNE – bez ocieplenia



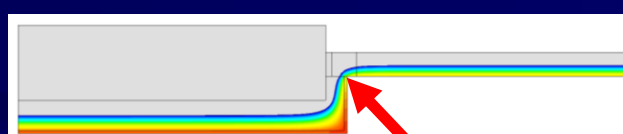
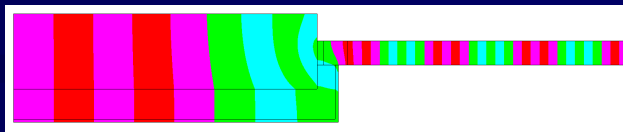
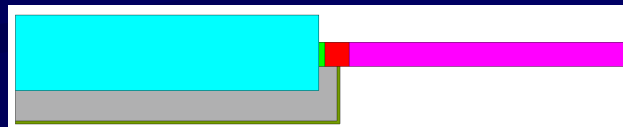
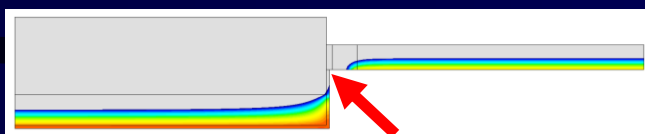
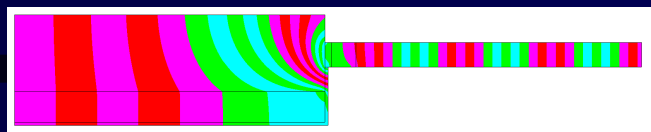
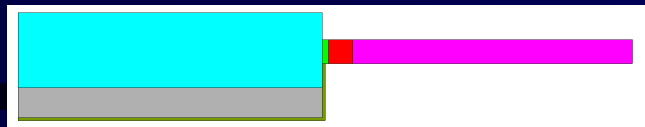
Wariant	$U (U_{1D})$ [W/(m ² ·K)]	Φ [W]	L^{2D} [W/(m·K)]	Ψ [W/(m·K)]	$\theta_{min.}$ [°C]	$f_{Rsi.(2D)}$ [-]
I A	1,88 / 1,75	149,80	3,75	0,09	5,17	0,629
I B	1,88 / 0,86	113,90	2,85	0,10	5,57	0,639

OBLICZENIA WŁASNE – ocieplenie od zewnątrz



Wariant	$U (U_{1D})$ [W/(m ² ·K)]	Φ [W]	L^{2D} [W/(m·K)]	Ψ [W/(m·K)]	$\vartheta_{min.}$ [°C]	$f_{Rsi.(2D)}$ [-]
II ₍₁₀₎	0,19 / 0,86	57,47	1,44	0,38	10,02	0,750
II ₍₁₂₎	0,16 / 0,86	56,64	1,42	0,39	10,07	0,752
II ₍₁₅₎	0,13 / 0,86	55,78	1,40	0,40	10,13	0,753
II ₍₂₀₎	0,10 / 0,86	54,91	1,37	0,41	10,20	0,755
III ₍₁₀₎	0,19 / 0,86	43,27	1,08	0,08	16,66	0,917
III ₍₁₂₎	0,16 / 0,86	42,20	1,06	0,08	16,82	0,921
III ₍₁₅₎	0,13 / 0,86	41,10	1,03	0,08	16,98	0,925
III ₍₂₀₎	0,10 / 0,86	39,98	1,00	0,08	17,14	0,929

OBLICZENIA WŁASNE – ocieplenie od wewnątrz



Wariant	$U (U_{1D})$ [W/(m ² ·K)]	Φ [W]	L^{2D} [W/(m·K)]	Ψ [W/(m·K)]	$\vartheta_{min.}$ [°C]	$f_{Rsi.(2D)}$ [-]
IV ₍₁₀₎	0,19 / 0,86	52,43	1,31	0,25	-2,49	0,438
IV ₍₁₂₎	0,16 / 0,86	51,46	1,29	0,25	-2,58	0,436
IV ₍₁₅₎	0,13 / 0,86	50,48	1,26	0,26	-2,66	0,434
IV ₍₂₀₎	0,10 / 0,86	49,52	1,24	0,27	-2,72	0,432
V ₍₁₀₎	0,19 / 0,86	42,81	1,07	0,06	10,84	0,771
V ₍₁₂₎	0,16 / 0,86	41,71	1,04	0,06	10,81	0,770
V ₍₁₅₎	0,13 / 0,86	40,58	1,02	0,07	10,79	0,770
V ₍₂₀₎	0,10 / 0,86	39,44	0,99	0,07	10,76	0,769

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE AKUSTYKI STOSOWANE PRZY PRACACH MODERNIZACYJNYCH

Wymagania wg rozporządzenia WT-2018

Rodzaj hałasu, przed jakim należy chronić pomieszczenia w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej:

- zewnętrzny przenikający do pomieszczeń spoza budynku
- pochodzący od instalacji i urządzeń stanowiących techniczne wyposażenie budynku
- powietrzny i uderzeniowy pochodzący wytwarzany przez użytkowników
- pogłosowy, powstający w wyniku odbić fal dźwiękowych od przegród ograniczających dane pomieszczenie

Elementy i przegrody budynku dla których należy stosować wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej:

- ściany zewnętrzne, stropodachy, ściany wewnętrzne, okna w przegrodach zewnętrznych i wewnętrznych – od dźwięków powietrznych
- stropy i podłogi – od dźwięków powietrznych i uderzeniowych
- podesty i biegi klatek schodowych w obrębie lokali mieszkalnych – od dźwięków uderzeniowych

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE AKUSTYKI STOSOWANE PRZY PRACACH MODERNIZACYJNYCH

Dobra izolacyjność akustyczna (od dźwięków powietrznych i uderzeniowych) =
właściwości przegrody:

- dobra szczelność
- duża masa powierzchniowa
- dobra separacja masy (dwie warstwy lub więcej)
- wysokie tłumienie wewnętrzne
- dobre łączenia z innymi przegrodami
- dobra jakość wykonania (budowy)

Czynniki odpowiedzialne za poprawę izolacyjności akustycznej:

- zachowanie odpowiedniej masy powierzchniowej: okładziny w postaci płyt gipsowo-kartonowych, płyty akustyczne
- zapewnienie dobrej szczelności okładziny – łączenia uszczelnione; unikać montażu elementów przerywających okładzinę
- separacja między okładziną a przegrodą – mocowanie okładziny z odstępem od przegród
- wypełnienie przestrzeni między okładziną a przegrodą materiałem włóknistym – np. wełna mineralna

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE OCHRONY P. POŻ. STOSOWANE PRZY PRACACH MODERNIZACYJNYCH

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego ścian zewnętrznych przy działaniu ognia od zewnątrz – rozporządzenie WT-2018:

- ściany zewnętrzne powinny być nierozprzestrzeniające ognia, przy czym w niektórych przypadkach dopuszcza się zastosowanie materiałów słabo rozprzestrzeniających ogień
- na wysokości powyżej 25m od poziomu terenu, okładzina elewacyjna i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej, powinny być wykonane z materiałów niepalnych
- dopuszcza się ocieplenie ściany zewnętrznej budynku mieszkalnego, wzniesionego przed 1.IV.1995 r., o wysokości do 11 kondygnacji włącznie, z użyciem samogasnącego polistyrenu spienionego, w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie ognia

Wymagania w zakresie m.in. nierozprzestrzeniania ognia przez ściany nie dotyczy pewnej grupy budynków:

- do trzech kondygnacji nadziemnych włącznie ...
- wolno stojących do dwu kondygnacji nadziemnych włącznie ...
- wolno stojących garaży o liczbie stanowisk postojowych nie większej niż 2
- inwentarskich o kubaturze brutto do 1500 m³

PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE OCHRONY P. POŻ. STOSOWANE PRZY PRACACH MODERNIZACYJNYCH

Wymagania przyporządkowania klas reakcji na ogień – rozporządzenie WT-2018 (zał. 3):

- niepalny
- niezapalny
- trudno zapalny
- łatwo zapalny
- niekapiący
- samogasnący
- intensywnie dymiący

Zgodnie z zał. 3 rozporządzenia WT-2018 jako niepalne definiuje się wyroby o klasie reakcji na ogień co najmniej **A2-s3, do**

Spełnienie warunku niepalności dla elewacji w przypadku ocieplania budynku powyżej 25m możliwe jest, poprzez dokonanie klasyfikacji w zakresie reakcji na ogień, jeżeli badana okładzina zewnętrzna, jej zamocowanie mechaniczne i izolacja cieplna uzyskują odpowiednią klasę reakcji na ogień: **A1, A2-s1, do, A2 s-2, do lub A2-s3, do**

Badania wyrobów w tym zakresie wg PN-B-02867:2013

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

- Dobór innowacyjnych rozwiązań materiałów termoizolacyjnych w aspekcie modernizacji budynków w Polsce jest procesem bardzo złożonym i szerokim
- Poszukiwanie optymalnego rozwiązania w zakresie kształtowania układu warstw materiałowych wymaga znajomości cech fizycznych, mechanicznych i chemicznych materiałów budowlanych (nie tylko termoizolacyjnych), zagadnień z budownictwa ogólnego i fizyki budowli z wykorzystaniem profesjonalnych programów komputerowych
- Przy doborze rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych w zakresie modernizacji obiektów budowlanych należy uwzględnić aspekty cieplno-wilgotnościowe, akustyczne i przeciwpożarowe
- Istotne staje się także umiejętne i miarodajne określenie stanu cieplnego obudowy istniejącego budynku, ponieważ dobór optymalnego rozwiązania układu warstw materiałowych przegród zewnętrznych powinien uwzględniać także specyfikę istniejącego budynku

12. DNI OSZCZĘDZANIA ENERGII
MODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH
Wrocław, 14-15.11.2018 r.

Innowacyjne rozwiązania w zakresie termoizolacji, akustyki i p.poż. stosowane przy pracach modernizacyjnych – wybrane zagadnienia projektowe

dr inż. Krzysztof Pawłowski

Dziękuję za uwagę



Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

