

dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof UZ<sup>1\*)</sup>  
 ORCID: 0000-0001-6343-4840  
 dr inż. Ireneusz Nowogoński<sup>2)</sup>  
 ORCID: 0000-0002-7372-1103

# Skutki nieprawidłowych terminów remontów instalacji w budynku mieszkalnym

## *Consequences of incorrect timing of repairs to installations in a residential building*

DOI: 10.15199/33.2023.03.08

**Streszczenie.** Terminy remontów instalacji wodociągowych, kanalizacyjnych, centralnego ogrzewania są często przesuwane w czasie, co skutkuje awariami instalacji i większym zakresem prac remontowych w budynku. W artykule przedstawiono analizę skutków przesunięcia terminów remontów instalacji na zmianę stanu technicznego budynku. Uzyskane wyniki wskazują na konieczność terminowego prowadzenia prac remontowych również ze względu na zwiększającą się ilość odpadów budowlanych i wprowadzane ograniczanie ich ilości.  
**Słowa kluczowe:** remont; stan techniczny; instalacja wodociągowa; instalacja kanalizacyjna; odpady budowlane.

**Abstract.** The repair deadlines for water, sewerage and central heating installations are often postponed, resulting in installation failures and more extensive repair work in the building. This paper presents an analysis of the effects of postponed installation repairs on changes in the technical condition of the building. The results obtained show the necessity of timely installation renovation works due to the increasing amount of construction waste and the introduced reduction of waste with increasing recycling rates.  
**Keywords:** refurbishment; technical condition; water supply system; sewer system; construction waste.

**P**odczas użytkowania budynków występuje wiele problemów związanych z racjonalnym planowaniem prac remontowych wynikających z analizy stanu technicznego budynku. Problemy te są często opisywane [np. 1 – 7]. Prace remontowe powinny być prowadzone na bieżąco. Konsekwencje błędnych decyzji remontowych prowadzą do uszkodzeń i awarii w budynkach [8 – 11]. Prace remontowe powinny być prowadzone w z góry zaplanowanych terminach zapobiegających wystąpieniu awarii. Podczas ich wykonywania należy koniecznie zwrócić uwagę na ilość odpadów budowlanych. W skali globalnej ilość odpadów szybko się zwiększa, przewiduje się, że do 2025 r. objętość odpadów stałych osiągnie 2,2 mld ton. Przemysł budowlany generuje ok. 33 – 35% odpadów w skali całego świata [12 – 14].

Niezbędne są badania skutków awarii instalacji budowlanych, jakimi są uszkodzenia budynku oraz dodatkowe ilości odpadów budowlanych. Autorzy podjęli się opracowania metody plano-

wania remontów instalacji z uwzględnieniem ilości odpadów. Celem badań jest także odpowiedź na pytanie: w jakim stopniu przesunięty termin remontu instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych ma wpływ na ilość odpadów budowlanych.

### Analiza niekorzystnych wpływów przesunięć terminów remontów instalacji

W zaproponowanej metodzie analizy skutków przesunięcia terminów remontów instalacji na zmianę stanu technicznego budynku wykorzystana została metoda prognozowania procesu starzenia budynku [15, 16]. Model zmian właściwości użytkowych PRRD (*Prediction of Reliability by Rayleigh Distribution*)  $R_i(t)$  *i*-tego elementu budynku w czasie  $t$ , z wykorzystaniem okresów trwałości  $T_{Ri}$  opracowanych na podstawie danych literaturowych, jest opisany zależnością:

$$R_i(t) = \exp[-(t/T_{Ri})^2] \quad (1)$$

gdzie:  
 $t$  – czas użytkowania elementu budynku;  
 $T_{Ri}$  – okres trwałości elementu budynku;  
 $i$  – liczba porządkowa elementu budynku.

W wyznaczaniu właściwości użytkowych całego budynku, który jest zbiorem  $m$  elementów składowych,

uwzględniona została intensywność wpływu właściwości użytkowych elementów składowych w postaci wag  $A_i$  poszczególnych elementów. Zmiany właściwości użytkowych budynku  $R_B(t)$  w czasie  $t$  są określone zależnością:

$$R_B(t) = \sum_{i=1}^m A_i R_{RiSR}(t) \quad (2)$$

gdzie:

$R_B(t)$  – zmiana właściwości użytkowych całego budynku w czasie  $t$  wg modelu PRRD;  
 $A_i$  – waga *i*-tego elementu;  
 $R_{RiSR}(t)$  – zmiany właściwości użytkowych elementu *i* w czasie  $t$  wg modelu PRRD,  
 $i$  – numer elementu budynku;  
 $m$  – liczba wszystkich elementów.

Efektywna eksploatacja budynku oznacza utrzymanie odpowiedniego poziomu właściwości użytkowych, a realizacją tego zadania są procesy remontowe. Wszelkie rodzaje przedsięwzięć remontowych mają istotny wpływ na stan techniczny obiektu w dalszej jego eksploatacji. Pełna charakterystyka remontowanego obiektu musi uwzględniać stan początkowy i zakres robót remontowych. Na tej podstawie można określić przebieg zmian właściwości użytkowych w czasie, przed i po remoncie. Prognoza zmian właściwości użytkowych  $R_M(t)$  budynku naprawianego, gdzie  $t_{pi}$  jest terminem remontu *i*-tego elementu, jest wyrażona wzorem:

<sup>1)</sup> Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Budownictwa

<sup>2)</sup> Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

<sup>\*)</sup> Adres do korespondencji:  
 b.nowogonska@ib.uz.zgora.pl

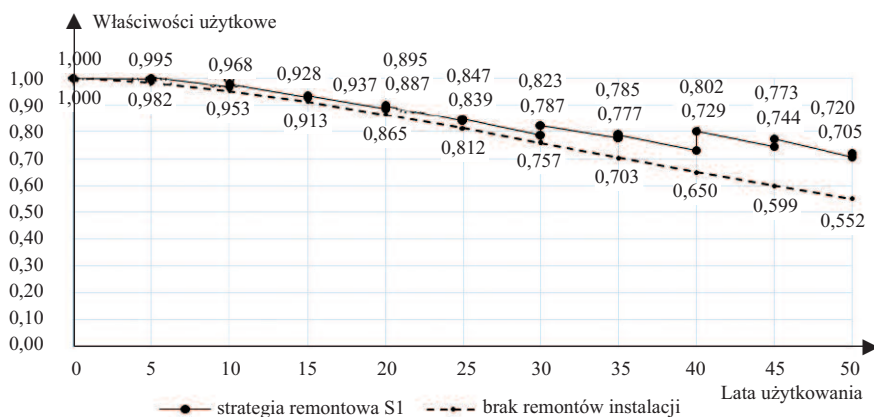
$$R_M(t) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{m-r} A_i \exp\left(-\left(\frac{t}{T_{Ri}}\right)^2\right) & \text{dla } t \in (0, t_{pi}) \\ \sum_{i=1}^r A_i \exp\left(-\left(\frac{t-t_{pi}}{T_{Ri}}\right)^2\right) & \text{dla } t \in (t_{pi}, T) \end{cases} \quad (3)$$

$r$  – liczba porządkowa remontowanego elementu w budynku;  
 $m$  – liczba wszystkich elementów budynku;  
 $A_i$  – waga  $i$ -tego elementu budynku;  
 $t_{pi}$  – termin remontu  $i$ -tego elementu budynku;  
 $T_{Ri}$  – okres trwałości  $i$ -tego elementu budynku.

W badaniach przyjęte zostały następujące rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne analizowanego budynku wykonanego w technologii tradycyjnej: ściany i fundamenty murowane z cegły; konstrukcja stropów, schodów, więźby dachowej drewniane; pokrycie dachówką ceramiczną. Każdy materiał budowlany ma określony okres trwałości.

**Strategia remontowa S1.** W strategii remontowej S1 przyjmuje się, że remont instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych został wykonany w trzydziestym roku użytkowania budynku. Termin planowanego remontu wynika z kończącego się okresu trwałości materiałów budowlanych, z jakich wykonane są instalacje.

W wyniku przeprowadzonych prac remontowych w trzydziestym roku użytkowania, stan techniczny budynku poprawił się z poziomu 0,787 na 0,823, czyli zaledwie o 3,6% (rysunek 1). Ilość odpadów budowlanych również jest niewielka. Należą do nich wymienione na nowe instalacje wodociągowe i kanalizacyjne, armatura wod-kan oraz odpady związane z remontem tych elementów, takie jak fragmenty podłóg (w 20%) oraz tynków ścian i sufitów (w 20%), razem 18,48% elementów budynku.



**Rys. 1. Prognoza zmiany stanu technicznego budynku remontowanego wg strategii S1 i budynku bez remontu**

Fig. 1. Prediction of changes in technical condition of a building: refurbished according to S1 strategy and a building without refurbishment

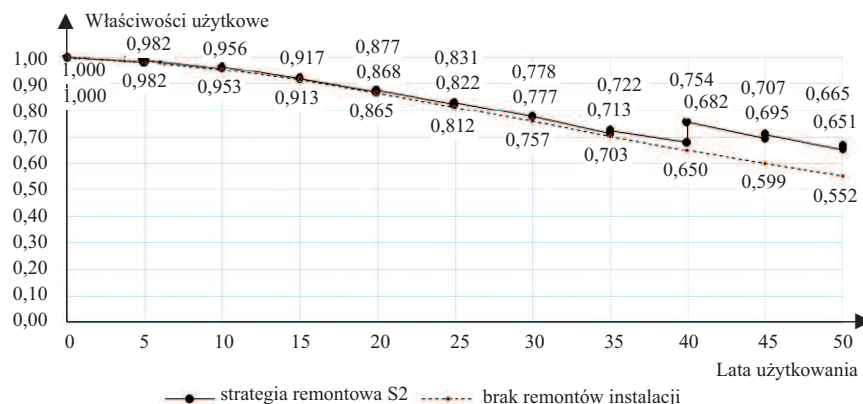
**Strategia remontowa S2.** Zgodnie ze strategią S2 remont instalacji został wykonany za późno, w czterdziestym roku użytkowania budynku. Okres trwałości armatury minął więc 10 lat temu ( $T_R = 30$ ), a okres trwałości przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych 2,5 roku temu ( $T_R = 37,5$ ). Przyjęto założenie, że nie było awarii instalacji, ale wystąpiły uszkodzenia jawne i ukryte w budynku z powodu szczelności armatury. Ich zakres obejmuje okładziny podłóg oraz powłoki malarskie ścian i sufitów. W związku z tym planowane prace remontowe w czterdziestym roku użytkowania zmieniły zakres na wymianę: przewodów instalacji wodociągowych, przewodów instalacji kanalizacyjnych, armatury, podłóg oraz malowanie ścian i sufitów. Zwiększyła się również ilość odpadów budowlanych o te elementy.

W wyniku przeprowadzonych prac remontowych w czterdziestym roku, stan

techniczny budynku poprawił się z poziomu 0,682 na 0,754, czyli zaledwie o 7,2% (rysunek 2). W porównaniu z poprzednią strategią poprawa stanu technicznego jest niewielka, natomiast dwa razy więcej jest odpadów budowlanych, tj. 8 elementów, co stanowi 32% wszystkich elementów budynku.

**Strategia remontowa S3** oznacza, że remont instalacji nie został wykonany w odpowiednim terminie i w pięćdziesiątym roku użytkowania nastąpiła awaria instalacji, która spowodowała znaczne uszkodzenia konstrukcji stropu w budynku. W wyniku awarii instalacji nastąpiła konieczność wykonania remontu kapitalnego budynku. Zakres prac obejmuje niemal wszystkie elementy – stropy, schody, ścianki działowe, tynki wewnętrzne, malowanie ścian i sufitów, podłogi, wszystkie instalacje.

W wyniku prac remontowych przeprowadzonych w pięćdziesiątym roku



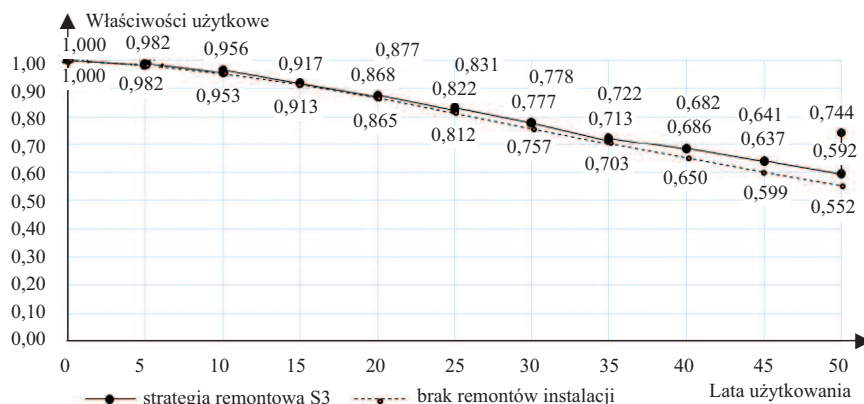
**Rys. 2. Prognoza zmiany stanu technicznego budynku remontowanego wg strategii S2 i budynku bez remontu**

Fig. 2. Prediction of changes in technical condition of a building: refurbished according to S2 strategy and a building without refurbishment

użytkowania, stan techniczny budynku poprawił się z poziomu 0,592 na 0,744, czyli o 15,2%. W porównaniu z poprzednimi strategiami poprawa stanu technicznego jest największa. Wynika to z dużego zakresu prac remontowych. Ilość odpadów budowlanych jest niestety nieporównywalnie większa niż w poprzednich strategiach, ponieważ jest to aż 12 elementów budynku (48% elementów budynku).

## Analiza uzyskanych wyników

Strategie remontowe S1, S2 i S3 zostały poddane analizie porównawczej. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli.



**Rys. 3. Prognozy zmiany stanu technicznego budynku remontowanego wg strategii S3 i budynku bez remontu**

Fig. 3. Prediction of changes in technical condition of a building: refurbished according to S3 strategy and a building without refurbishment

### Wyniki analizy porównawczej strategii remontowych instalacji

Results of the comparative analysis of the installation renovation strategies

Strategia remontowa	Wartość użytkowa w roku użytkowania			Poprawienie stanu technicznego [%] k1	Ilość odpadów budowlanych [elementy]	Ilość odpadów budowlanych [%] (1-k2)	Współczynnik zrównoważonego rozwoju Ss
	30	40	50				
S1	0,787	0,728	0,705	0,036	4,6	3,60	85,20
S2	0,778	0,682	0,665	0,072	8,0	7,20	75,20
S3	0,778	0,686	0,592	0,152	12,0	15,28	67,28

Najbardziej korzystną strategią remontową jest wariant charakteryzujący się największym współczynnikiem zrównoważonego rozwoju Ss. Współczynnik ten jest wynikiem analizy wielokryterialnej, w której przyjęto równoważne dwa kryteria:

- kryterium 1 – polepszenie stanu technicznego uzyskane w wyniku strategii remontowej S1, S2 lub S3;

- kryterium 2 – wytworzenie jak najmniejszej ilości odpadów budowlanych podczas prac remontowych wg strategii S1, S2 lub S3.

Współczynnik zrównoważonego rozwoju został określony wzorem:

$$Ss = w1 \cdot k1 + w2 \cdot k2 \quad [4]$$

gdzie:

w1 i w2 – wagi kryteriów;

k1 i k2 – mierniki kryteriów.

#### Najlepsza okazała się strategia S1.

W wyniku proponowanych prac remontowych przeprowadzonych w trzydziestym roku użytkowania budynku jego stan poprawia się tylko o 3,6%, ale jest niewielka ilość odpadów budowlanych – 18,48% elementów budynku. W przypadku prac remontowych prowadzonych w czterdziestym

roku stan techniczny budynku poprawia się o 7,2%, a do odpadów budowlanych należy zaliczyć 32% wszystkich elementów budynku. Prace remontowe przeprowadzone w pięćdziesiątym roku powodują poprawę stanu technicznego budynku o 15,2%. Poprawa stanu technicznego jest największa w porównaniu z poprzednimi strategiami, co wynika z szeroko zakrojonych prac remontowych. Niestety ilość odpadów budowlanych jest nieporównywalnie większa niż w poprzednich strategiach, aż 48% elementów budowlanych.

### Podsumowanie

Prace remontowe w budynkach mieszkalnych należy przeprowadzać systematycznie. Tezę tę potwierdza również przeprowadzona analiza ilościowa odpadów budowlanych związanych z prowadzeniem prac remontowych instalacji wodociągowo-kanalizacyjnych. Najbardziej korzystną strategią remontową jest S1, w której zakłada się remont instalacji wodociągowych i kanalizacyjnych w trzydziestym roku użytkowania budynku.

### Literatura

[1] Sobotka A, Linczowski K, Radziejowska A. Substitution of Building Components in Historic Buildings Sustainability. 2021; 13 (16): 9211.

[2] Bucoń R, Czarnigowska A. Sequential Model for Long-Term Planning of Building Renewal and Capital Improvement. Sustainability. 2021; 13 (17): 9575.

[3] Hoła A, Sadowski Ł. A method of the neural identification of the moisture content in brick walls of historic buildings on the basis of non-destructive tests. Autom. Constr. 2019; 106, 102850.

[4] Drozd W. Metody oceny stanu technicznego budynków w aspekcie ich praktycznego zastosowania. Przegląd Budowlany. 2017; 88.

[5] Leśniak A, Górka M, Skrzypczak I. 2021. Barriers to BIM Implementation in Architecture, Construction, and Engineering Projects – The Polish Study. Energies. 2021; 14 (8): 2090.

[6] Plebankiewicz E, Meszek W, Zima K, Wiczorek D. Probabilistic and Fuzzy Approaches for Estimating the Life Cycle Costs of Buildings under Conditions of Exposure to Risk. Sustainability. 2019; 12: 226.

[7] Konior J, Sawicki M, Szóstak M. Damage and Technical Wear of Tenement Houses in Fuzzy Set Categories. Applied Sciences. 2021; 11 (4): 1484.

[8] Rusek J. Creating a model of technical wear of building in mining area, with utilization of regressive SVM approach. Archives of Mining Sciences. 2009; 54 (3): 455 – 466.

[9] Skrzypczak I, Oleniacz G, Leśniak A, Zima K, Mrówczyńska M, Kazak J. Scan-to-BIM method in construction: assessment of the 3D buildings model accuracy in terms inventory measurements. Building Research & Information. 2022; 202: 1 – 22.

[10] Rusek J, Tajduś K, Firek K, Jędrzejczyk A. Score-based Bayesian belief network structure learning in damage risk modelling of mining areas building development. Journal of Cleaner Production. 2021; 296: 126528.

[11] Ksit B, Szymczak-Graczyk A, Nazarewicz B. Diagnostics and renovation of moisture affected historic buildings. Civil Environmental Engineering Reports. 2022, 32: 0059 – 0073.

[12] Młyńska A, Zielina M, Bielski A. Contamination of drinking water soon after cement mortar lining renovation depending on the disinfectant doses. SN Applied Sciences. 2019; 1 (6): 1 – 9.

[13] Nowogońska B, Nowogoński I. Method of Planning Repairs of the Installation including Building Waste Applied Sciences. 2022; 12 (9): 4520.

[14] Pawluk K. Odzysk i recykling z odpadów z branży budowlanej. Logistyka Odzysku. 2016; 21: 62 – 65.

[15] Nowogońska B. Diagnoza w procesie starzenia budynków mieszkalnych wykonanych w technologii tradycyjnej. Wyd. KILiW PAN, Warszawa 2017.

[16] Nowogońska B. 2017. Metoda przewidywania stanu technicznego budynku mieszkalnego. Materiały Budowlane. 2017. DOI: 10.15199/33.2017.08.36.

Przyjęto do druku: 22.11.2022 r.