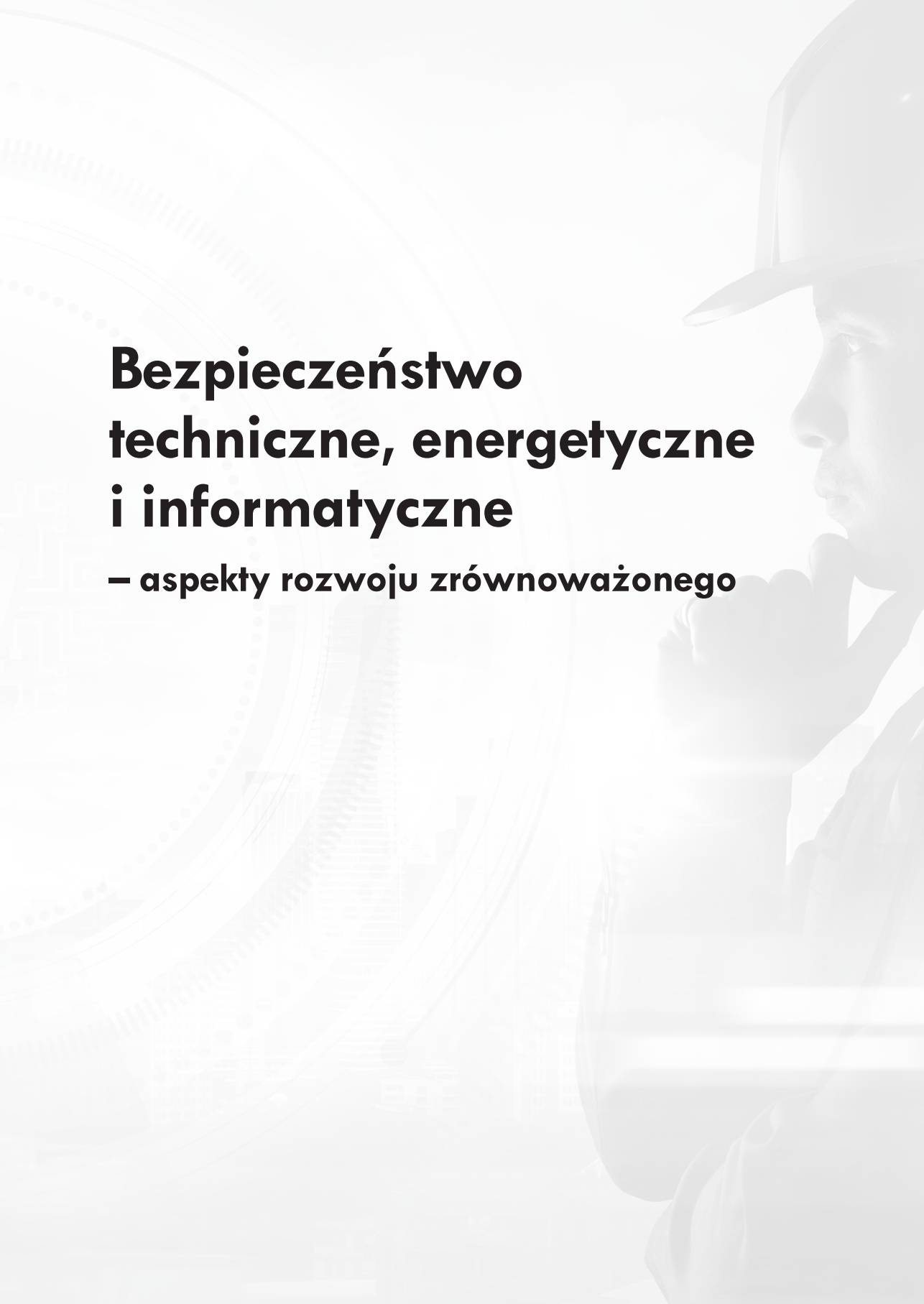


# Bezpieczeństwo techniczne, energetyczne i informatyczne – aspekty rozwoju zrównoważonego

Pod redakcją  
Doroty Wójcickiej-Migasiuk





# **Bezpieczeństwo techniczne, energetyczne i informatyczne**

**– aspekty rozwoju zrównoważonego**

**Rada Naukowa Wydawnictwa Politechniki Lubelskiej**

**Przewodnicząca:**

Agnieszka RZEPKA

**Dyrektor CIN-T:**

Katarzyna WEINPER

**Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej:**

Magdalena CHOŁOJCZYK

Karolina FAMULSKA-CIESIELSKA

Jarosław GAJDA

Anna KOŁTUNOWSKA

Katarzyna PEŁKA-SMĘTEK

Anna STROJEK

**Przedstawiciele Dyscyplin Naukowych Politechniki Lubelskiej:**

Marzenna DUDZIŃSKA

Małgorzata FRANUS

Arkadiusz GOLA

Paweł KARCZMAREK

Beata KOWALSKA

Anna KUCZMASZEWSKA

Jarosław LATALSKI

Tomasz LIPECKI

Zbigniew ŁAGODOWSKI

Joanna PAWŁAT

Lucjan PAWŁOWSKI

Natalia PRZESMYCKA

Magdalena RZEMIENIAK

Mariusz ŚNIADKOWSKI

**Przedstawiciele honorowi:**

Zhihong CAO, Chiny

Miroslav GEJDOŠ, Słowacja

Karol HENSEL, Słowacja

Hrvoje KOZMAR, Chorwacja

Frantisek KRCMA, Czechy

Sergio Lujan MORA, Hiszpania

Dilbar MUKHAMEDOVA, Uzbekistan

Sirgii PAWŁOW, Ukraina

Natalia SAVINA, Ukraina

Natia SHENGELIA, Gruzja

Daniele ZULLI, Włochy

# **Bezpieczeństwo techniczne, energetyczne i informatyczne**

**– aspekty rozwoju zrównoważonego**

Pod redakcją  
Doroty Wójcickiej-Migasiuk



Lublin 2024

## RECENZENCI:

prof. dr hab. inż. **Andrzej Chochowski**, SGGW w Warszawie

dr hab. inż. **Elżbieta Kalinowska-Ozgowicz**, prof. uczelni, Politechnika Lubelska

## REDAKTOR NAUKOWY:

dr hab. inż. **Dorota Wójcicka-Migasiuk**, prof. uczelni, Politechnika Lubelska,

 0000-0003-0856-716X

Grafika na okładce i stronie przedtytułowej stworzona z materiałów pochodzących ze strony internetowej [stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)

Publikacja wydana za zgodą **Rektora Politechniki Lubelskiej**

**ISBN:** 978-83-7947-585-8 (wersja drukowana)

**ISBN:** 978-83-7947-586-5 (wersja elektroniczna)

**Wydawca:** Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej  
[www.wpl.pollub.pl](http://www.wpl.pollub.pl)  
ul. Nadbystrzycka 36C, 20-618 Lublin  
tel. (81) 538-46-59



WYDAWNICTWO  
POLITECHNIKI  
LUBELSKIEJ

**Elektroniczna wersja książki** dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL [www.bc.pollub.pl](http://www.bc.pollub.pl)

Książka udostępniona jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa – na tych samych warunkach 4.0 Międzynarodowe (CC BY-SA 4.0)

**Nakład:** 50 egz.

# Spis treści

Przedmowa	7
1. Energetyka jądrowa dla bezpieczeństwa energetycznego Agata Zdyb	11
2. Systemy automatyki w dobie zrównoważonego rozwoju przestrzeni wiejskiej Marek Bolesław Horyński, Michał Charlak	21
3. Zastosowania programów oraz aplikacji graficznych do opracowywania wizualizacji danych i informacji w kształceniu zrównoważonym Magdalena Paśnikowska-Łukaszuk, Ewa Lipska, Karolina Konieczna, Karolina Tomczyk, Pola Cieplak	33
4. Wykorzystanie mediów społecznościowych w edukacji zrównoważonej Agnieszka Gandzel, Michał Charlak	49
5. Wykorzystanie metody elementów skończonych w modelowaniu 3D Karolina Tomczyk, Albert Raczkiwicz, Magdalena Paśnikowska-Łukaszuk	63
6. The Web Application for Managing the System Monitoring the Growing Conditions of Potted Plants Barbara Buraczyńska, Ewa Organista, Oliwia Strzyżewska, Mateusz Rębacz, Artur Kołodyński, Michał Staniszewski	77
7. Możliwości zastosowania wybranych środków pochodzenia naturalnego do barwienia wyrobów z materiałów drzewnych Aleksandra Kwasowicz, Mirosław Malec	97
8. Telefon komórkowy jako przyrząd do określenia poziomu hałasu w aspekcie bezpieczeństwa pracownika na stanowisku pracy Mateusz Chilimoniuk, Mirosław Malec	121
9. Zwiększanie mocy w wysokoprężnych silnikach diesla bez konieczności modyfikacji podzespołów: korzyści ekonomiczne, oszczędność paliwa i zmniejszona emisja Weronika Jachuła, Sebastian Gnapowski	137
10. Skuteczność chemii technicznej dla bezpiecznego usuwania korozji Weronika Jachuła, Mariusz Śniadkowski	153



## Przedmowa

Oddajemy w ręce czytelników zainteresowanych różnorodną tematyką związaną z bezpieczeństwem kolejny zbiór wybranych prac naukowych, odzwierciedlających i wspierających proces dydaktyki prowadzonej na kierunku inżynieria bezpieczeństwa na Wydziale Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej. Umocowanie to można charakteryzować za pomocą trzech haseł: dywersyfikacja, integracja, bezpieczeństwo, jednocześnie wytyczając ścieżki tematyczne: bezpieczeństwo energetyczne, techniczne i informatyczne.

Polityka energetyczna Polski do 2040 r., zawarta w Obwieszczeniu Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r. (M. P. 2021 poz. 264) ogłoszonym 10 marca 2021 r., stawia sobie bezpieczeństwo energetyczne jako cel główny przy jednoczesnym zapewnieniu konkurencyjności gospodarki, efektywności energetycznej i zmniejszeniu oddziaływania sektora energii na środowisko. Tak złożony zakres działań wymaga akceptacji społecznej i dobrego średniego poziomu świadomości społecznej nt. związanych z nim kierunków rozwoju, do czego prowadzą zarówno kształcenie na kierunku, jak i seryjne konferencje organizowane w WPT.

Definiowane w ramach tego dokumentu cele cząstkowe służą zachowaniu procesu rozwoju zrównoważonego, chociaż ze względu na konieczność podejmowania działań ogólnoswiatowych nie gwarantują go. Są to:

- optymalne wykorzystanie własnych zasobów energetycznych (węgiel, gaz, transport),
- rozbudowa infrastruktury wytwórczej i sieciowej energii elektrycznej (El., OZE, magazyny),
- dywersyfikacja dostaw gazu ziemnego i ropy naftowej oraz rozbudowa infrastruktury sieciowej,



- rozwój rynków energii,
- wdrożenie energetyki jądrowej,
- rozwój odnawialnych źródeł energii,
- rozwój ciepłownictwa i kogeneracji,
- poprawa efektywności energetycznej (-23% 2030).

Nie sposób jednak w jednej monografii, skierowanej do studentów kierunku inżynieria bezpieczeństwa oraz kierunku edukacja techniczno-informatyczna, wybierających tematy swoich prac inżynierskich, zrealizować wszystkich powyższych celów. Dlatego też ujęliśmy zaprezentowany wybór prac ramą: optymalnego wykorzystania własnych zasobów energetycznych, poprzez wdrożenie energetyki jądrowej i poprawę efektywności energetycznej, uwzględniając przy tym konieczność informatyzacji w tych obszarach, jak i w dydaktyce powiązanych wybranych przedmiotów.

Jednym z obszarów istotnych dla wdrażania zrównoważonego rozwoju są niewątpliwie tereny pozamiejskie, gdzie systemy nowoczesnej automatyki są raczej w fazie zastosowań w budynkach nowych, zorientowanych jako budownictwo energooszczędne, kopiując rozwiązania miejskie. W rozdziale drugim zwrócono uwagę na rozwiązania, które sprzyjają tworzeniu zrównoważonej przestrzeni wiejskiej, jednocześnie pokazując w rozdziale siódmym rozwiązania przybliżające drobne uprawy do środowisk domowych i miejskich.

Ze względu na uwarunkowania historyczne kształtowane na różnych, niekiedy bardzo dramatycznych, doświadczeniach, konieczne jest prowadzenie szeroko zakrojonych działań edukacyjnych, mających na celu zarówno kształcenie młodzieży, jak i informowanie pozostałych środowisk. Grupa zawodowa nauczycieli, a szczególnie nauczycieli akademickich, wydaje się do tego predestynowaną ze względu na otwarcie na procesy kształcenia ustawicznego, bezpośrednią możliwość dotarcia z informacją do uczniów i studentów, a pośrednio także do ich rodziców i opiekunów. Kolejne rozdziały przedstawiają zatem problematykę nowoczesnego kształcenia zrównoważonego korzystającego w zalecanych proporcjach z aplikacji graficznych, mediów społecznościowych, modelowania i druku 3D opartego na wykorzystaniu filamentów. Pokazano także, dla równowagi, zastosowanie materiałów i środków pochodzenia naturalnego (w rozdziale ósmym). Poruszono również kwestie bezpieczeństwa nierozzerwalnie związane z rozwojem zrównoważonym, a jednak wy-

korzystujące nowoczesne technologie komórkowe. Dopełniono tematykę zrównoważenia technicznego, zwracając uwagę na wybrane możliwości oszczędności zużycia paliwa, kosztów i zmniejszenia szkodliwej emisji.



# Energetyka jądrowa dla bezpieczeństwa energetycznego

Agata Zdyb | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Rosnące globalnie zapotrzebowanie na energię, powodowane rozwojem cywilizacyjnym i przyrostem światowej populacji, która przekroczyła w ostatnim czasie 8 mld, wymusza wzrost zainteresowania dywersyfikacją źródeł energii i poszukiwanie rozwiązań alternatywnych w stosunku do spalania paliw kopalnych. Oprócz źródeł klasyfikowanych jako odnawialne, takich jak: energia promieniowania słonecznego, wiatru, wody (spadku wód, pływów, fal, prądów morskich), geotermalna i biomasy, do źródeł alternatywnych zalicza się także energię jądrową i energię uzyskiwaną z wodoru. Dywersyfikacja źródeł energii jest niezbędna ze względu na ograniczone zasoby paliw kopalnych i zmieniającą się sytuację geopolityczną. Uran, który stanowi najczęściej stosowane paliwo jądrowe, ma ograniczone, skończone zasoby i z tego względu nie jest uznawany za odnawialne źródło energii. Jednocześnie, nie będąc skamieliną, uran nie należy do źródeł kopalnych, choć rudy uranu są wydobywane w kopalniach.

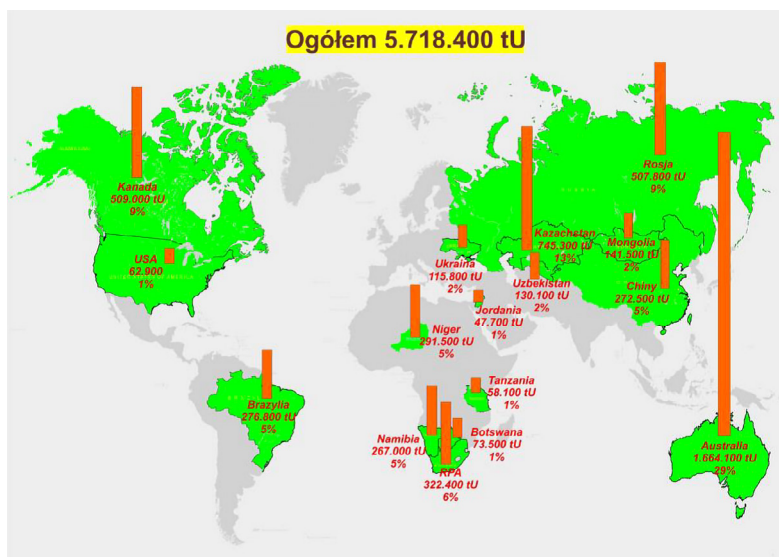
Energetyka jądrowa wykorzystywana jest obecnie w wielu krajach. W Polsce budowa elektrowni jądrowej jest planowana i z tego względu niezwykle ważne jest upowszechnienie wiedzy na temat procesów zachodzących w reaktorze jądrowym, budowy elektrowni, pozyskiwania paliwa jądrowego i możliwych zagrożeń.

## 2. Paliwo jądrowe

Podstawowym paliwem jądrowym jest uran, pozyskiwany z wydobywanej rudy uranowej, która wymaga wieloetapowego procesu oczyszczenia i wzbogacenia, tak aby uzyskać izotop uranu  $^{235}\text{U}$ . Jak pokazuje

mapa na rysunku 1, pokłady rudy uranu występują na całym świecie, najwięcej w Australii, która łącznie z Kazachstanem i Kanadą pokrywa 70% wydobycia. Całkowita ilość złóż to ok. 5 718 400 t, a dodatkowo pokłady nierozpoznane szacowane są na podstawie badań geologicznych na ok. 3 910 100 t [1]. Złoża rudy uranowej znajdujące się w Polsce na Dolnym Śląsku były eksploatowane w latach 1947–1967.

Izotop uranu  $^{235}\text{U}$  stosowany w elektrowniach jądrowych zbudowany jest z atomów, których liczba masowa, czyli łączna liczba protonów i neutronów, wynosi 235, a liczba atomowa równa jest 92, co oznacza, że atomy te posiadają 92 protony i 92 elektrony. Jądro atomowe uranu ulega reakcji rozszczepienia, która jest przemianą polegającą na rozszczepieniu ciężkich jąder atomowych, takich jak właśnie uran lub pluton i tor.



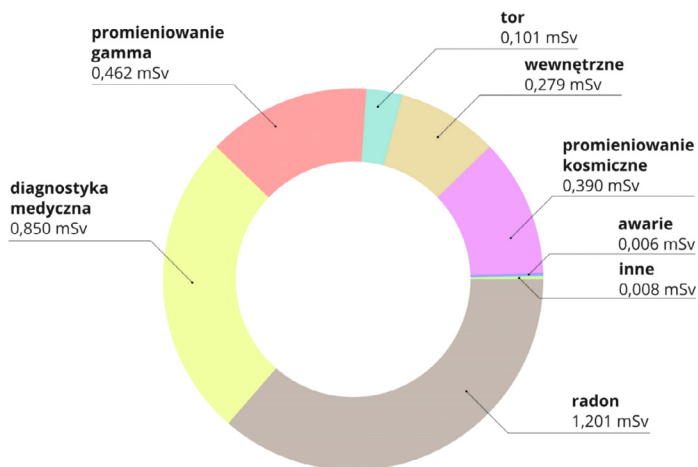
Rys. 1. Rozmieszczenie złóż uranu o koszcie wydobycia poniżej 130 \$/kg

Źródło: [1].

### 3. Reakcja rozszczepienia jądrowego

Ogólnie reakcja rozszczepienia jądrowego może zachodzić samoistnie – wtedy mamy do czynienia z promieniotwórczością naturalną. Może też być sztuczna, wymuszona. Promieniotwórczość naturalna pochodzi z pierwiastków radioaktywnych występujących w glebie, skałach, powietrzu i wodzie, w organizmach żywych (np. w kościach), w żywności oraz pro-

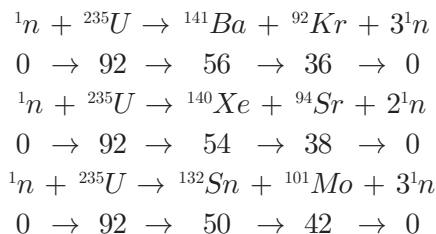
mieniowaniu kosmicznym. Promieniotwórczość sztuczna jest zjawiskiem wywoływanym w innych izotopach niż naturalnie występujące. Wykorzystywana jest w urządzeniach, takich jak akceleratory cząstek, reaktory jądrowe w elektrowniach atomowych lub służące do napędu w okrętach podwodnych, lotniskowcach, na stacji orbitalnej oraz w medycynie nuklearnej w terapii izotopami promieniotwórczymi. Podczas rozpadu promieniotwórczego emitowane mogą być cząstki alfa (jądra atomowe helu), cząstki beta (elektrony i pozytony) oraz promieniowanie gamma będące wysokoenergetycznym promieniowaniem elektromagnetycznym. Każdy z tych rodzajów promieniowania ma inną przenikliwość: papier i aluminium zatrzymuje odpowiednio cząstki alfa i beta, a promieniowanie gamma tłumione jest przez ołów. W Polsce dawka promieniowania pochodząca ze źródeł naturalnych i sztucznych łącznie to ok. 3,3 mSv w ciągu roku – w tym największy udział ma radioaktywny gaz, radon, emitujący ponad 1,2 mSv. Radon, pochodzący z rozpadu radu obecnego w glebie i licznych skałach, przedostaje się do powietrza, pomieszczeń mieszkalnych i wody pitnej. Jednostką przyjętą do wyrażania wpływu promieniowania jonizującego na organizmy żywe jest 1 Sv = 1 J/kg. U człowieka po przekroczeniu dawki skutecznej 1 Sv promieniowania gamma dla całego ciała może wystąpić ostry zespół popromienny. Średnia roczna dawka w pobliżu elektrowni jądrowej to 0,002 mSv. Udział różnych źródeł promieniotwórczości, zarówno naturalnych, jak i sztucznych, z jakimi możemy mieć do czynienia w życiu codziennym, ilustruje diagram na rysunku 2.



Rys. 2. Rola poszczególnych źródeł promieniotwórczości

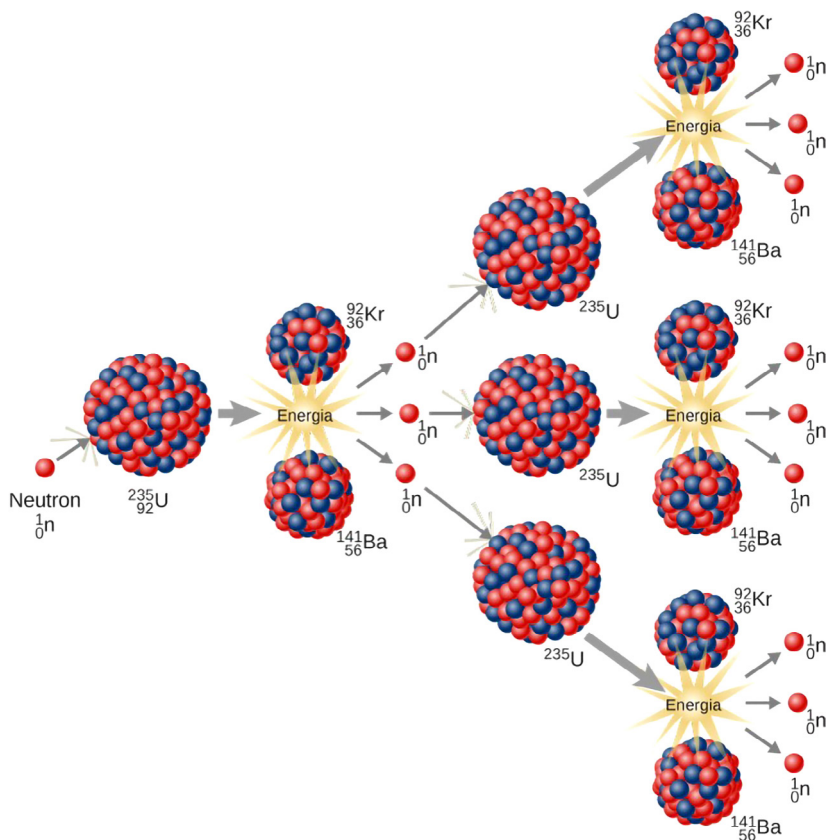
Źródło: [2].

Wskutek rozszczepienia jądra atomowego  $^{235}\text{U}$  mogą powstawać pierwiastki o liczbach masowych od 72 do 161, czyli 300 izotopów 37 różnych pierwiastków. Następujące reakcje przedstawiają przykładowe produkty reakcji rozszczepienia jądra atomowego izotopu uranu:



W każdej z tych przemian wyzwolane są duże ilości energii oraz emitowane są neutrony, które, powodując rozpad kolejnych jąder uranu, wywołują reakcję łańcuchową (Rys. 3). Warunkiem zapoczątkowania jej jest osiągnięcie masy krytycznej wynoszącej 52 kg dla czystego izotopu  $^{235}\text{U}$ . Rozszczepienie 1 g uranu prowadzi do emisji ok. 80 000 MJ energii, czyli tyle, ile powstaje ze spalania ponad 2 t węgla.

Reakcja łańcuchowa zachodząca w sposób kontrolowany wykorzystywana może być w reaktorze jądrowym, natomiast jej lawinowy przebieg z wyzwoleniem ogromnych ilości energii w bardzo krótkim czasie ma miejsce podczas wybuchu bomby atomowej. Reaktor jądrowy, stanowiący główną część elektrowni jądrowej, ma w swojej budowie pręty paliwowe zawierające paliwo w postaci pastylek ze wzbogacanego uranu, moderator zmniejszający energię kinetyczną neutronów i pręty kontrolne sterujące tempem reakcji łańcuchowej poprzez pochłanianie neutronów. W roli moderatora stosowana jest np. woda, woda ciężka, grafit lub beryl. Materiały wypełniające pręty kontrolne to np. srebro, ind, kadm, bor.



Rys. 3. Reakcja łańcuchowa rozszczepienia  ${}^{235}\text{U}$

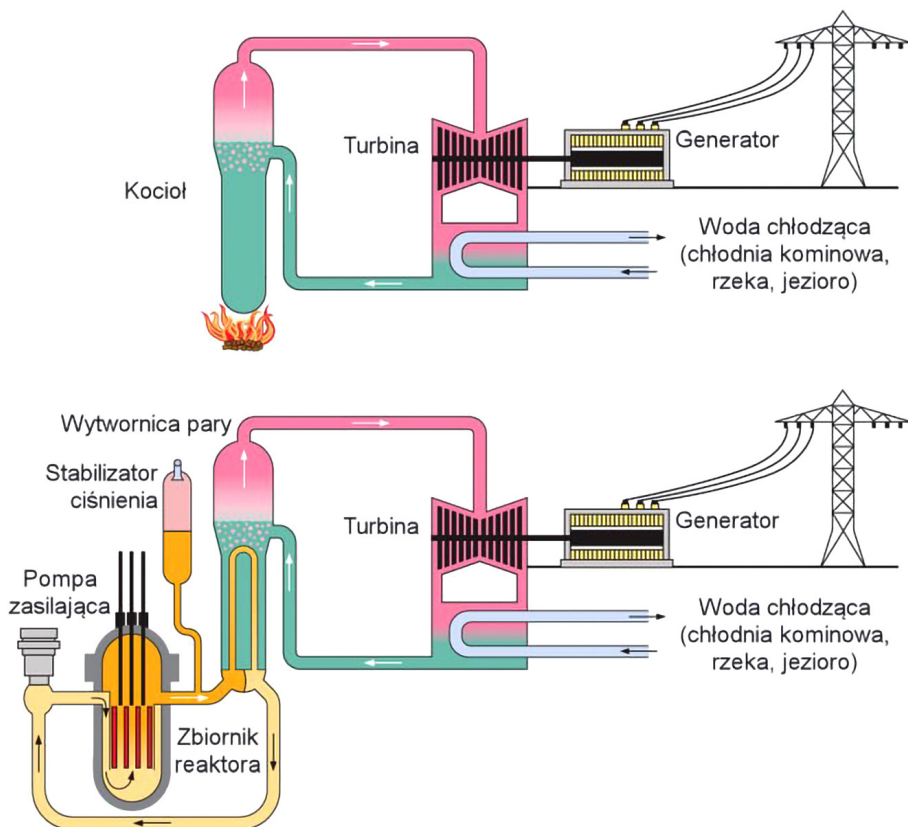
Źródło: [3].

## 4. Elektrownia jądrowa

Jak widać na rysunku 4, budowa elektrowni jądrowej nie różni się znacznie od budowy elektrowni konwencjonalnej, a jej działanie oparte jest na tej samej zasadzie. Para wodna powstająca przy podgrzewaniu wody napędza ruch obrotowy turbiny, a energia mechaniczna tego ruchu jest konwertowana w generatorze na energię elektryczną, oddawaną następnie do sieci elektroenergetycznej. Podstawową różnicę między tymi elektrowniami stanowi sposób podgrzewania wody. W elektrowni konwencjonalnej wykorzystywane jest w tym celu ciepło spalania paliwa kopalnego, a w elektrowni jądrowej energia uwalniana podczas rozszczepienia jąder atomowych uranu. W przypadku elektrowni ją-



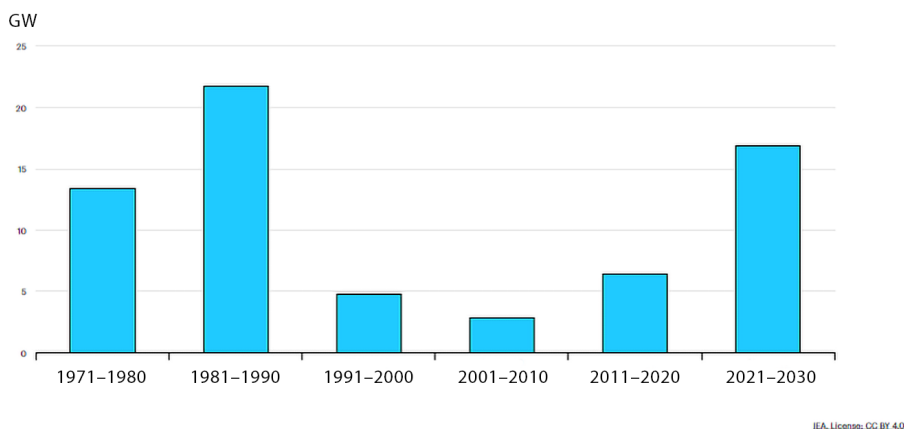
drowych wiele emocji budzi ich bezpieczeństwo. Stosowane systemy sterowania pracą reaktora jądrowego, układem zasilania i pozostałych urządzeń bezpośrednio wpływają na niezawodność elektrowni i zapobiegają awariom. Obecnie wydajne, nowoczesne systemy sterowania korzystają z nowych technologii, teorii, metod i zaawansowanych technik obliczeniowych, np. sztucznych sieci neuronowych [4, 5].



Rys. 4. Porównanie głównych elementów budowy elektrowni konwencjonalnej i jądrowej

Źródło: [6].

Zgodnie z danymi International Energy Agency energetyka jądrowa obecnie dostarcza 10% energii elektrycznej globalnie i wykorzystywana jest w 32 krajach. Całkowita moc zainstalowana wynosi 413 GW, co pozwala uniknąć 1,5 Gt szkodliwych emisji na świecie [7]. Wartości mocy dodawanych w kolejnych przedziałach czasowych od roku 1971 łącznie z przewidywaniami do roku 2030 przedstawione są na rysunku 5.



**Rys. 5.** Moce bloków jądrowych zainstalowane na świecie w poszczególnych latach oraz prognozowane do roku 2030

Źródło: [8].

W Polsce zainicjowany oficjalnie w 1971 r. program rozwoju energetyki jądrowej zaowocował rozpoczęciem budowy elektrowni w Żarnowcu na Pomorzu w roku 1982. Niestety po siedmiu latach inwestycja została wstrzymana w związku z protestami mieszkańców wywołanymi wcześniejszą katastrofą w Czarnobylu oraz z powodów ekonomicznych, a budynki i powstała infrastruktura niszczeje do dziś. Obecnie zapowiadana jest budowa elektrowni jądrowej w Choczewie, również na Pomorzu. Wokół Polski w licznych krajach znajdują się elektrownie jądrowe, choć nie wszystkie z nich działają.

## 5. Podsumowanie

Energetyka jądrowa postrzegana jest jako technologia, na której można polegać, ponieważ może produkować ogromne ilości energii, którą dostarcza niezależnie od pory dnia i nocy, nie emitując szkodliwych zanieczyszczeń powietrza. Dodatkowo postępujący rozwój technologii opartych na niestabilnych odnawialnych źródłach energii, takich jak promieniowanie słoneczne i wiatr, wymaga rozwiązań uzupełniających bilans dostaw energii elektrycznej do sieci. W tej roli może sprawdzić się energetyka jądrowa, wodna lub zaawansowane magazynowanie energii.

Należy dodać, że energia może być uzyskiwana nie tylko w wyniku rozszczepienia ciężkich jąder pierwiastków, takich jak uran, pluton czy

tor, ale także z syntezy jąder atomowych pierwiastków lekkich. Reakcja fuzji jądrowej, nazywana również reakcją termojądrową, wymaga wytworzenia stanu plazmy w bardzo wysokiej temperaturze, co jest trudne i wymaga nakładu energii.

Naturalnie procesy termojądrowe zachodzą w gwiazdach, m.in. w Słońcu, które dzięki nim emituje ogromne ilości energii. W przyszłości być może właśnie synteza jądrowa będzie stanowić główne źródło energii dla rosnącej populacji.

## Literatura

1. Energetyka jądrowa, [www.me.gov.pl/energetyka+jadrowa](http://www.me.gov.pl/energetyka+jadrowa) [dostęp: 08.04.2024].
2. B. Karawajczyk, *Promieniotwórczość*, <https://zpe.gov.pl/a/promieniotworczość/Dq1XLas6H> [dostęp: 08.04.2024].
3. Ling S.J, Sanny J., Moebis W. i in: *Fizyka dla szkół wyższych*, t. 3, Openstax, Warszawa 2018.
4. Ramezani I., Moshkbar-Bakhshayesh K., Vosoughi N., Ghofrani M.B., *Applications of Soft Computing in nuclear power plants: A review*, „Progress in Nuclear Energy”, Vol. 149, 2022, 104253.
5. Zhou G., Tan D.: *Review of nuclear power plant control research: Neural network-based methods*, „Annals of Nuclear Energy”, Vol. 181, 2023, 109513.
6. <https://nuclear.pl/energetyka,index,energetyka-jadrowa-a-konwencjonalna,0,0.html> [dostęp: 08.04.2024].
7. [www.iea.org](http://www.iea.org) [dostęp: 08.04.2024].
8. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-nuclear-power> [dostęp: 08.04.2024].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Energetyka jądrowa dla bezpieczeństwa energetycznego**

Zagadnienia związane z energetyką jądrową wpisują się w problematykę bezpieczeństwa energetycznego, która obecnie jest szeroko dyskutowana i niezwykle ważna szczególnie ze względu na bieżące wydarzenia geopolityczne oraz rosnące ceny energii. Energetyka jądrowa zaliczana jest do zeroemisyjnych technologii dostarczających energię w sposób ciągły. W związku z tym, że wiedza na temat energetyki jądrowej wymaga rozpowszechniania, artykuł prezentuje przegląd podstawowych zagadnień z tego zakresu.

**Słowa kluczowe:** energetyka jądrowa, bezpieczeństwo energetyczne, promieniotwórczość

## **Nuclear Energy for Energy Security**

Issues related to nuclear energy are part of the energy security issue, which is currently widely discussed and extremely important, especially due to current geopolitical events and rising energy prices. Nuclear power is classified as a zero-emission technology that supplies energy on a continuous basis. Due to the fact that knowledge about nuclear energy needs to be disseminated, the article presents an overview of the basic issues in this field.

**Keywords:** nuclear energy, energy security, radioactivity



# Systemy automatyki w dobie zrównoważonego rozwoju przestrzeni wiejskiej

ROZDZIAŁ

2

**Marek Bolesław Horyński** | Politechnika Lubelska

**Michał Charlak** | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Projektowanie domów energooszczędnych z nowoczesną automatyką budynkową jest jednym z najważniejszych kroków, które należy podjąć w kierunku oszczędzania energii i dbania o środowisko naturalne [1, 6, 7, 8]. W dzisiejszych czasach coraz więcej osób decyduje się na budowę energooszczędnych domów, które zapewniają nie tylko wyższy komfort mieszkańcom, ale także niższe koszty eksploatacyjne. Podstawowym celem projektowania domów energooszczędnych jest przede wszystkim osiągnięcie najwyższego poziomu efektywności energetycznej, a co za tym idzie, uzyskanie bezpieczeństwa energetycznego. W przypadku nowoczesnych domów jednym z najważniejszych elementów jest stosowanie odpowiedniej automatyki budynkowej. Pozwala ona na kompleksowe zarządzanie energią w budynku, w tym na kontrolowanie zużycia energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia, a także na optymalizację zużycia wody [10].

Podczas projektowania domów energooszczędnych z nowoczesną automatyką budynkową należy uwzględnić szereg czynników. Na początku, trzeba wziąć pod uwagę charakterystykę klimatyczną danego regionu, w którym będzie budowany dom. To pozwoli na dobranie odpowiedniego systemu ogrzewania i chłodzenia, który będzie najbardziej efektywny w danym klimacie. Kolejnym ważnym czynnikiem jest dobór odpowiednich materiałów budowlanych. W przypadku domów energooszczędnych zaleca się stosowanie materiałów, które zapewnią izolację termiczną i akustyczną. Dzięki temu dom będzie mniej narażony na straty energii.

W przypadku nowoczesnych domów z automatyką budynkową istotne jest także odpowiednie zaprojektowanie instalacji elektrycz-

nej. Wszystkie urządzenia elektryczne powinny być zaprojektowane tak, aby zużywać jak najmniej energii. Przy zastosowaniu inteligentnych rozwiązań, takich jak inteligentne gniazda czy systemy sterowania oświetleniem, możliwe jest jeszcze efektywniejsze zarządzanie energią elektryczną. Ważnym elementem w czasie eksploatacji budynku jest odpowiednie określenie jego profilu energetycznego [1, 3, 5]. Z zagadnieniem tym wiąże się pojęcie bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo energetyczne zostało zdefiniowane w trzech dokumentach:

- Doktrynie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym,
- Ustawie o prawie energetycznym,
- Polityce Energetycznej Polski do roku 2030.

Definicję bezpieczeństwa energetycznego sformułowano w Doktrynie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym. Określa ona bezpieczeństwo energetyczne jako zdolność do zaspokojenia w warunkach rynkowych popytu na energię pod względem ilościowym i jakościowym, po cenie wynikającej z równowagi popytu i podaży, przy zachowaniu warunków ochrony środowiska. Natomiast, zgodnie z definicją zawartą w Ustawie z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne: bezpieczeństwo energetyczne „jest to stan gospodarki umożliwiający pokrycie perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska” (art. 3). Prawo do bezpieczeństwa jest jednym z podstawowych praw, którego od lat domagają się obywatele. Nowoczesna technika przynosi szereg rozwiązań, które pozwalają na podniesienie stopnia bezpieczeństwa oraz komfortu życia.

Problematyka bezpieczeństwa energetycznego jest zagadnieniem niejednorodnym, ponieważ dotyczy różnych systemów, które mogą działać niezależnie [2, 3, 11]. Zaliczają się do nich instalacje wchodzące w skład współczesnych budynków i decydujące o prawidłowym, energooszczędnym zużyciu energii. W powszechnym, ogólnie funkcjonującym rozumieniu określa się nimi elementy instalacji budynkowych, które służą zapewnieniu ochrony mienia. Niemniej istotne jest także zapewnienie odpowiedniego bezpieczeństwa pożarowego.

Organizując system bezpieczeństwa danego obiektu, należy przewidzieć również możliwość przebywania w nim osób niepełnosprawnych.

Projektowanie energooszczędnych domów w przestrzeni wiejskiej jest coraz bardziej popularne. Domy te są projektowane z myślą

o minimalizacji zużycia energii, co przekłada się na niższe rachunki za energię oraz ograniczony wpływ na środowisko.

## **2. Inteligentne instalacje elektryczne w polityce zrównoważonego rozwoju przestrzeni wiejskiej**

Zrównoważony rozwój to pojęcie, które obecnie jest coraz częściej wymieniane w dyskusjach na temat przyszłości naszej planety. Z jednej strony mamy rozwijające się miasta, z drugiej strony – wieś. Obszary wiejskie są często pomijane w debatach na temat zrównoważonego rozwoju, ale to właśnie one mają duży wpływ na zachowanie równowagi ekologicznej. Warto zwrócić uwagę na rozwiązania technologiczne, które mogą pomóc w tworzeniu bardziej zrównoważonej przestrzeni wiejskiej.

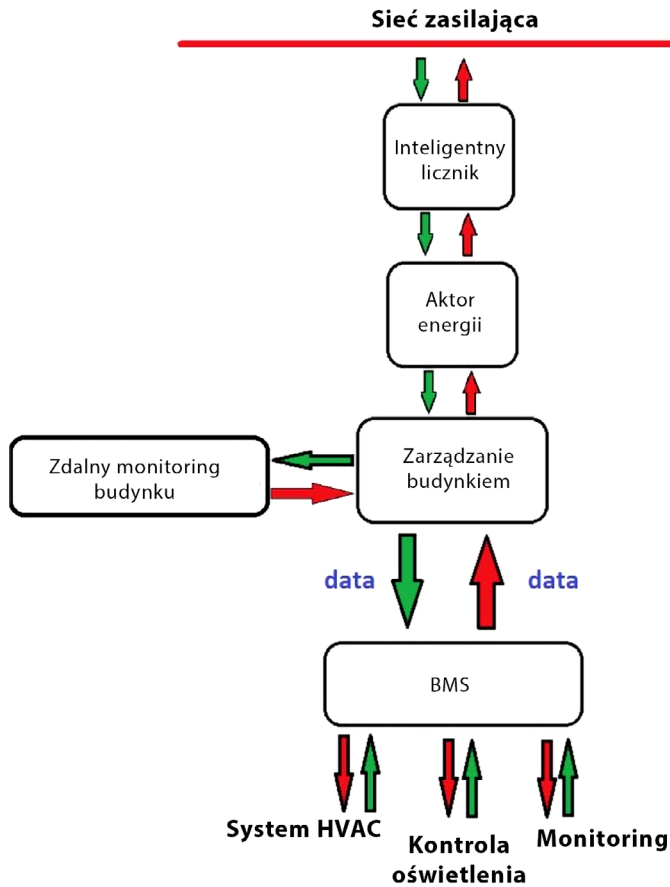
Jednym z takich rozwiązań są inteligentne instalacje elektryczne. W dzisiejszych czasach energooszczędne oświetlenie, panele fotowoltaiczne czy elektromobilność to standard. Jednakże w przypadku obszarów wiejskich istotne jest wdrożenie tych rozwiązań w sposób dostosowany do specyficznych potrzeb i warunków lokalnych, np. zastosowanie komunikacji bezprzewodowej [4].

Inteligentne instalacje elektryczne to połączenie technologii informatycznych i elektrotechniki. W praktyce oznacza to, że poszczególne elementy systemu są ze sobą połączone i kontrolowane za pomocą centralnego sterownika (Rys. 1).

System taki może sterować np. oświetleniem, ogrzewaniem czy wentylacją, a także gromadzić dane na temat zużycia energii, co pozwala na optymalizację kosztów.

W przypadku wsi inteligentne instalacje elektryczne mogą znacznie przyczynić się do poprawy jakości życia mieszkańców. Dzięki zastosowaniu takiego systemu można zwiększyć bezpieczeństwo wsi poprzez sterowanie oświetleniem czy monitoring terenu. Ponadto możliwe jest także automatyczne sterowanie np. nawadnianiem pól czy regulacją temperatury w oborach. Takie rozwiązania nie tylko zwiększają wydajność produkcji rolnej, ale także pozwalają na oszczędność wody i energii.





**Rys. 1.** Zasilanie automatyki budynkowej za pomocą aktora energetycznego i inteligentnego licznika

Źródło: opracowanie własne.

Inteligentne instalacje elektryczne to także doskonałe rozwiązanie dla wsi, które chcą być samowystarczalne energetycznie. Urządzenia w inteligentnym budynku mogą być ciągle monitorowane (Rys. 2). Dzięki zastosowaniu paneli fotowoltaicznych czy małych elektrowni wiatrowych możliwe jest produkowanie energii elektrycznej na potrzeby lokalnej społeczności. Dodatkowo inteligentny system zarządzania energią pozwala na optymalne wykorzystanie wytworzonej energii, dzięki czemu nie traci się jej w przypadku nadprodukcji.

Energetyka alternatywna to dziedzina, która w ostatnich latach zyskuje na popularności na całym świecie. Coraz więcej państw i regionów stawia na odnawialne źródła energii, które są ekologiczne, tańsze i bardziej efektywne niż tradycyjne źródła. Teren Lubelszczyzny

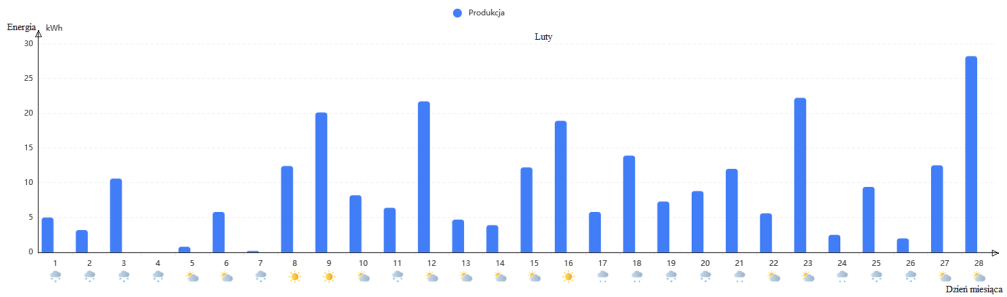
ma wiele możliwości rozwoju energetyki alternatywnej, które mogą przynieść wiele korzyści dla mieszkańców i środowiska.



Rys. 2. Panel monitora automatyki budynku w systemie SmartThings

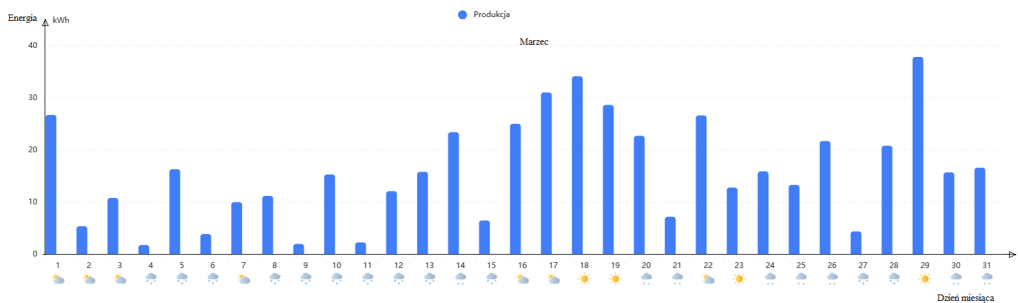
Źródło: opracowanie własne.

Jednym z najważniejszych źródeł energii alternatywnej na terenie Lublina i Lubelszczyzny są panele fotowoltaiczne. Dzięki dostatecznej ilości promieniowania słonecznego teren ten jest idealnym miejscem do instalowania paneli słonecznych. Panele fotowoltaiczne nie tylko pozwalają na generowanie energii elektrycznej (Rys. 3–5), ale również są w stanie przyczynić się do ogrzewania budynków w chłodniejsze miesiące. Wzrost liczby instalacji paneli fotowoltaicznych może znacznie zmniejszyć ilość emisji CO<sub>2</sub> oraz koszty związane z energią elektryczną.



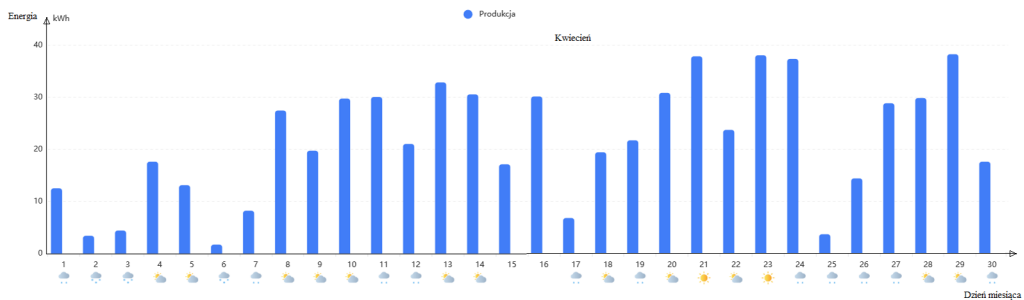
**Rys. 3.** Produkcja energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych w miesiącu lutym 2023 – dom jednorodzinny, moc instalacji 6,08 kWp

Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 4.** Produkcja energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych w miesiącu marcu 2023, moc instalacji 6,08 kWp

Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 5.** Produkcja energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych w miesiącu kwietniu 2023, moc instalacji 6,08 kWp

Źródło: opracowanie własne.

Analiza odczytów ilości energii otrzymanej przy wykorzystaniu paneli fotowoltaicznych zamontowanych w domu jednorodzinny (Rys. 3–5) pokazuje, że jest to źródło energii odnawialnej charakteryzujące się znaczną zmiennością. Dotyczy ona zarówno miesięcy w roku jak i godzin w czasie doby. Ważnym źródłem energii alterna-

tywnej są elektrownie wiatrowe. Lubelszczyzna ma potencjał w zakresie wytwarzania energii z wiatru. Dzięki korzystnym warunkom wiatrowym elektrownie wiatrowe mogą stać się cennym źródłem energii dla regionu. Nie tylko przyczynią się do zwiększenia ilości energii odnawialnej, ale również stworzą nowe miejsca pracy i przyspieszą rozwój gospodarczy regionu.

Kolejną perspektywą jest zastosowanie energii geotermalnej. Ciepło z wnętrza ziemi to źródło energii, które Lubelszczyzna może skutecznie wykorzystać. Energia geotermalna może być stosowana w różnych sektorach, takich jak ogrzewanie domów, produkcja energii elektrycznej, przemysł czy rolnictwo. Rozwój energetyki geotermalnej może również przyczynić się do zwiększenia ilości energii odnawialnej i zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.

Ostatnią możliwością, którą należy wymienić, jest zastosowanie biomasy jako źródła energii. Lubelszczyzna jest bogata w lasy i złoża drewna, co pozwala na wykorzystanie biomasy jako źródła energii. Wytwarzanie energii z biomasy jest stosunkowo tanie i ekologiczne, a przy odpowiednim zarządzaniu zasobami leśnymi zawsze jest dostępne [5, 8, 12].

Obecnie w czasach poszukiwania oszczędności energii, na każdym etapie życia budynku zwraca się uwagę na czynniki, które przed laty mogły być traktowane marginalnie bądź pomijane, a mianowicie:

1. Orientacja budynku – ma ogromny wpływ na zużycie energii. Dlatego podczas projektowania energooszczędnego domu w przestrzeni wiejskiej należy uwzględnić jego orientację względem stron świata. Najlepiej żeby okna salonu były zwrócone na południe, aby wykorzystać energię słoneczną do ogrzewania pomieszczeń. Natomiast sypialnie i łazienki powinny znajdować się od strony wschodniej, a kuchnie północnej, aby uniknąć przegrzania.
2. Izolacja termiczna – jest kluczowym elementem energooszczędnego domu. Dlatego podczas projektowania należy zadbać o odpowiednią grubość izolacji termicznej ścian, dachu i podłogi. Zastosowanie wysokiej jakości materiałów izolacyjnych pozwala na minimalizację strat ciepła i utrzymanie odpowiedniej temperatury wewnątrz budynku.
3. Ogrzewanie – wybór systemu ogrzewania ma ogromny wpływ na zużycie energii w domu. Dlatego podczas projektowania energooszczędnego domu w przestrzeni wiejskiej warto rozważyć za-

stosowanie systemu ogrzewania opartego o energię odnawialną, taką jak pompa ciepła, kolektory słoneczne czy biokominek. W ten sposób można znacznie obniżyć koszty ogrzewania i zminimalizować negatywny wpływ na środowisko.

4. Wentylacja – jest ważnym elementem energooszczędnego domu. Warto zadbać o odpowiedni system wentylacji mechanicznej, który pozwoli na skuteczne wymiany powietrza w pomieszczeniach bez strat ciepła. Można również zastosować system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, który umożliwi odzyskanie ciepła z powietrza wywiewanego z domu i wykorzystanie go do ogrzewania pomieszczeń.
5. Oświetlenie – to kolejny element, który ma wpływ na zużycie energii przez dom. Dlatego warto zastosować energooszczędne źródła światła, takie jak źródła LED. Można również zainstalować system sterowania oświetleniem, który pozwoli na inteligentne zarządzanie źródłami światła, np. w systemie D.A.L.I.

### **3. Agroturystyka**

Wiele aglomeracji ma tereny podmiejskie, które często przechodzą płynnie w obszary wiejskie, gdzie może być z powodzeniem prowadzona działalność agroturystyczna w bliskiej odległości od miasta.

Agroturystyka to obszar gospodarki, który zyskuje coraz większe znaczenie i popularność. Oferując gościom wypoczynek w malowniczych, wiejskich krajobrazach, gospodarstwa agroturystyczne stanowią atrakcyjną alternatywę dla turystyki miejskiej. Jednym z trendów, który zdobywa coraz większą popularność w agroturystyce, jest wykorzystanie technologii mikrogeneracyjnych.

Technologie mikrogeneracyjne to systemy, które umożliwiają produkcję energii elektrycznej i ciepłej na niewielką skalę. W gospodarstwach agroturystycznych mogą być wykorzystywane do zaspokojenia potrzeb energetycznych obiektu oraz do produkcji energii na sprzedaż, co pozwala na generowanie dodatkowych źródeł dochodu. Wykorzystanie technologii mikrogeneracyjnych w agroturystyce pozwala na osiągnięcie wielu korzyści, a przede wszystkim zminimalizowanie kosztów energii elektrycznej i ciepłej. Wiele gospodarstw agroturystycznych znajduje się w miejscach, gdzie dostęp do sieci ener-

getycznej jest utrudniony lub kosztowny. Dzięki użyciu technologii mikrogeneracyjnych gospodarstwa takie mogą produkować własną energię, co zmniejsza koszty związane z jej zakupem.

Ponadto wykorzystanie technologii mikrogeneracyjnych w agroturystyce może przyczynić się do ochrony środowiska naturalnego. Systemy mikrogeneracyjne są zazwyczaj oparte na odnawialnych źródłach energii, takich jak energia słoneczna, wiatrowa czy biomasa. Dzięki temu produkcja energii jest bardziej ekologiczna i pozwala na redukcję emisji szkodliwych gazów.

Wykorzystanie technologii mikrogeneracyjnych w agroturystyce może również przyczynić się do zwiększenia atrakcyjności obiektu. Goście coraz częściej szukają miejsc, które dbają o środowisko i korzystają z ekologicznych rozwiązań. Gospodarstwa agroturystyczne, które wybierają technologie mikrogeneracyjne, mogą zyskać reputację obiektów przyjaznych środowisku i przyciągnąć większą liczbę turystów. Dzięki łatwemu montażowi komponentów systemu oraz niskiemu napięciu zasilania magistrali w systemie automatyki budynkowej można bezpiecznie sterować urządzeniami w trudnych dla zachowania właściwej izolacji warunkach wiejskich.

W Polsce gospodarstwa agroturystyczne mogą skorzystać z programów finansowych, które umożliwiają zakup i instalację systemów mikrogeneracyjnych. Dzięki temu wykorzystanie takiej technologii staje się bardziej dostępne dla właścicieli gospodarstw agroturystycznych.

Natomiast zastosowanie nowoczesnej automatyki budynkowej, w której zaczynają stopniowo pojawiać się elementy sztucznej inteligencji, sprzyja zwiększeniu komfortu i bezpieczeństwa mieszkańców oraz poprawie efektywności energetycznej budynku. Jednym z aspektów, na które automatyka budynkowa wpływa pozytywnie, jest również bezpieczeństwo przeciwporażeniowe i przeciwpożarowe.

#### **4. Podsumowanie**

Z uwagi na wzrastające zapotrzebowanie na surowce energetyczne wynikające z rozwoju przemysłu i ograniczenie złóż paliw kopalnych zaczęto zwracać coraz większą uwagę na pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. Działalność naukowa i inżynierska w tej dziedzinie wymaga poszukiwania i projektowania nowego rodzaju infrastruktury

budowlanej. Obecnie do tego celu wykorzystuje się przede wszystkim zaawansowane programy komputerowe, które bardzo ułatwiają pracę inżyniera (stosownie do skali obiektów oraz na różnych etapach powstawania inwestycji). Istotny jest również ich proekologiczny wpływ na środowisko. Koszt instalacji OZE dla wielu osób jest jeszcze poważną barierą, ale obecnie, dzięki dofinansowaniu z różnych programów rządowych, np. „Mój Prąd” lub „Czyste Powietrze”, można uzyskać znaczące dofinansowania do instalacji OZE. Działania te powinny być priorytetem przede wszystkim ze względu na bardzo korzystny wpływ na środowisko, przejawiający się obniżeniem emisji szkodliwych pyłów i gazów.

Automatyka budynkowa jest niezwykle istotnym narzędziem w zrównoważonym zarządzaniu energią. Pozwala na kompleksowe zarządzanie różnymi aspektami budynku, co przyczynia się do oszczędności energii i kosztów z nią związanych, a także zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa użytkowania budynków. Dlatego warto inwestować w takie rozwiązania, aby osiągnąć jak najlepsze wyniki w zakresie zrównoważonego zarządzania energią. Zarządzanie energią w budynku inteligentnym wymaga zastosowania zintegrowanych systemów automatyki, które polegają na monitorowaniu, sterowaniu i automatycznym wyłączeniu niepracujących urządzeń. Systemy magistralne mogą znaleźć zastosowanie w zakładach przemysłu rolno-spożywczego oraz wszędzie tam, gdzie są regulowane parametry klimatu pomieszczeń. Coraz częściej funkcjonują one w oparciu o elementy sztucznej inteligencji oraz zastosowanie chmury obliczeniowej.

Obecnie nadal istotnym czynnikiem ograniczającym zastosowanie technologii ITC w Polsce jest stosunkowo słaba wiedza na temat korzyści, jakie daje ta technologia w budynkach mieszkalnych – zarówno z punktu widzenia oszczędności energii, jak i komfortu mieszkańców.

Ocena i weryfikacja przydatności różnych systemów automatyki stosowanych we współczesnych domach przyczynia się do pełniejszego ich wykorzystania w instalacjach prosumenckich. Przewiduje się gwałtowny rozwój energetyki rozproszonej. Temu zadaniu sprzyjać będzie niewątpliwie uchwalona przez Sejm ustawa o OZE. Zwiększenie udziału energii odnawialnej w ogólnym bilansie energii budynku jest zagadnieniem, którym w najbliższych latach będą zajmować się badacze. W krajach o klimacie takim jak Polska i podobnym niemożliwe jest obecnie zaopatrzenie budynków energią, opierając się wyłącznie na energii odnawialnej. Można ją jednak włączyć do bilansu

energetycznego budynku. Aby działanie to stało się możliwe, konieczne jest użycie technologii informatyczno-komunikacyjnych (ITC), które będą zwiększały udział energii odnawialnych w okresach jej obfitości i zastępowały ją energiami konwencjonalnymi w okresach niedoboru energii odnawialnych. Naturalnym rozwiązaniem staje się integracja instalacji inteligentnych sterujących budynkiem z odnawialnymi źródłami energii.

## Literatura

1. Borkowski P.: *Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu*, WNT, Warszawa 2009.
2. Buczaj M., Sumorek A.: *Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu*, „Motrol” 2010, 12, s. 46–53.
3. Duszczyk K., Dubrawski A., Dubrawski A., Pawlik M., Szafranski M.: *Inteligentny budynek: poradnik projektanta, instalatora i użytkownika*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
4. F&F, *Katalog produktów. Automatyka domowa i przemysłowa F&F* [pdf], <https://www.fif.com.pl/pl/content/7-do-pobrania> (dostęp: 23.04.2024).
5. Horyński M. B.: *Energooszczędne zautomatyzowane systemy zarządzania energią w budynkach mieszkalnych*, Wydawnictwo Politechnika Lubelska, Lublin 2015.
6. Horyński M.: *Zastosowanie sieci o inteligencji rozproszonej w celu optymalizacji zużycia energii we współczesnych budynkach*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2013, 7, s. 293–296.
7. Horyński M., Majcher J.: *Automatyka budynkowa jako element układu bezpieczeństwa „TTS Rail Transport Technology”* 2016, 12, s. 425–428.
8. Krasowski A.: *Możliwości rozwoju energetyki alternatywnej na terenie Lublina/Lubelszczyzny*, praca inżynierska, 2017.
9. Kubiak M.J.: *Wirtualna edukacja*, Wydawnictwo Mikom, Warszawa 2000.
10. Mikulik J., Niezabitowska E.: *Budynek inteligentny. T. 2. Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
11. Petykiewicz P.: *Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku*, Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2001.
12. Stryczewska H.D.: *Energie odnawialne: przegląd technologii i zastosowań*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2012.



### **Systemy automatyki w dobie zrównoważonego rozwoju przestrzeni wiejskiej**

Wzrost kosztów związanych z pozyskiwaniem energii oraz eksploatacją urządzeń i prawodawstwo unijne zmuszają do podejmowania działań oszczędnościowych skolerowanych z energią. Dążenie do ciągłego podnoszenia standardu budynków spowodowało również zmiany w koncepcji budowy instalacji elektrycznej. Obecnie w budownictwie wykorzystuje się najnowsze osiągnięcia z zakresu elektroniki i informatyki. W dobie rozwoju nowoczesnych technologii w automatyce budynkowej coraz bardziej istotne staje się przygotowanie dobrze wyedukowanych specjalistów mogących projektować i programować instalacje. Ze względu na postępujący rozwój technologii w wielu gałęziach życia konieczne jest ustawiczne zdobywanie wiedzy. Aby podążać za nowymi trendami, niezbędne jest posiadanie najnowszych informacji. Często w literaturze spotykany jest paradygmat nauki przez całe życie.

**Słowa kluczowe:** inteligentny dom, symulacja, automatyzacja

### **Automation Systems in the Era of Sustainable Development of Rural Space**

The increase in costs associated with obtaining energy and operating equipment and EU legislation force energy-saving measures. Striving for continuous improvement of the standard of buildings has also resulted in changes in the concept of electrical installation. Currently, the latest achievements in the field of electronics and computer science are used in the construction industry. In the era of development of modern technologies in building automation, it is becoming increasingly important to prepare well-educated specialists who can design and program installations. Due to the progressive development of technology in many branches of life, it is necessary to constantly acquire knowledge. To follow new trends, it is necessary to have the latest information. The paradigm of lifelong learning is often found in the literature.

**Keywords:** smart home, intelligent, simulation, automation, computer-aid

# Zastosowania programów oraz aplikacji graficznych do opracowywania wizualizacji danych i informacji w kształceniu zrównoważonym

ROZDZIAŁ

3

**Magdalena Paśnikowska-Łukaszuk** | Politechnika Lubelska

**Ewa Lipska** | Politechnika Lubelska

**Karolina Konieczna** | Politechnika Lubelska

**Karolina Tomczyk** | Politechnika Lubelska

**Pola Cieplak** | Politechnika Wrocławska

## 1. Wstęp

Grafika komputerowa stała się bardzo popularna. Posiada wiele zastosowań nie tylko w standardowym projektowaniu, ale również w kontekście opracowywania różnych zagadnień za pomocą wizualnej formy [1]. Od lat stosuje się wykresy, infografiki, graficzne opisy prezentujące szereg informacji. Wizualizacja informacji wspiera proces ich zapamiętywania, ponadto w sposób klarowny skraca tekstową formę do formy obrazowej [2]. Nie bez powodu coraz więcej programów i aplikacji stosuje możliwość generowania wykresów, tudzież umieszczania SmartArtów. Wizualizacja jest metodą tworzenia, a także analizowania i przekazywania informacji przy pomocy metod graficznych. Można zaobserwować, że coraz więcej osób decyduje się na wizualizację posiadanych informacji przede wszystkim w celu zobrazowania potrzeb, a także określenia procesu wytwarzania [3]. Wizualizacja często pomaga podjąć decyzję na temat wdrażania danego rozwiązania w życiu codziennym. W pewnym stopniu ułatwia ona również odbiór informacji osobom, które mają problemy z czytaniem tekstu lub słuchaniem, a za pomocą obrazu są w stanie zrozumieć daną rzecz.

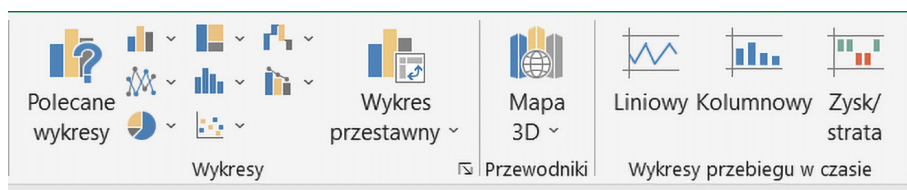
Analiza informacji to również ciągle rozwijany dział nauki, który ma swoje odzworowanie w różnych aspektach. Warto zauważyć, że zanim pojawi się wizualizacja danego elementu badań, najpierw powstaje szereg koncepcji, w jaki sposób dane mają być umieszczone i opracowane. Badania naukowe potwierdzają, że odbieranie informacji, które są przedstawione w postaci graficznej, sprzyjają również

kreatywnemu myśleniu. W podręcznikach szkolnych można obecnie zauważyć szereg graficznych form przekazywania wiedzy, właśnie po to, by wspierać rozwój półkul mózgowych. Stosowanie grafik w połączeniu z tekstem sprzyja synchronizacji obydwu półkul.

Należy jednak dodać, że aspekt wizualizacji ma ogromne znaczenie w zrównoważonym rozwoju. Często dzięki wizualizacji jesteśmy w stanie określić, czy dana rzecz będzie w ogóle produkowana. Jeśli wizualizacja obnaża np. wady produktu, to możemy zablokować jego produkcję w odpowiednim momencie, zmniejszając w ten sposób generowanie odpadów. Takie podejście przyczynia się do ochrony środowiska [4].

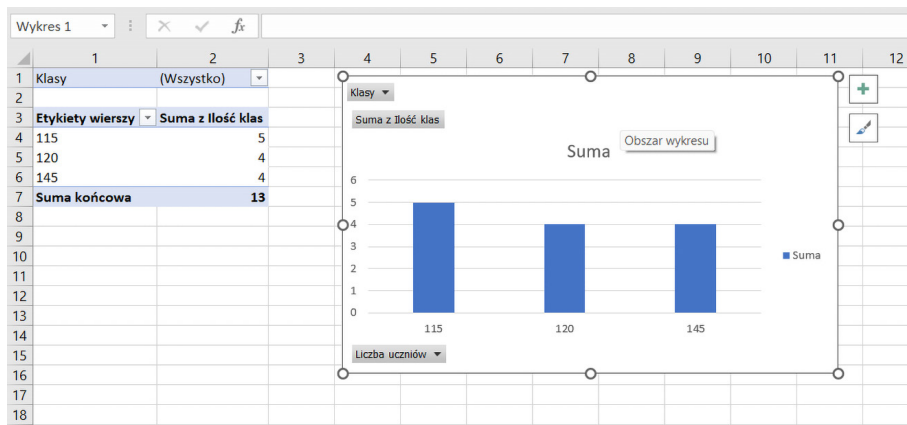
## 2. Sposoby wizualizacji informacji i danych liczbowych

Od wielu lat stosuje się różnego rodzaju arkusze kalkulacyjne do przechowywania i szeregowania danych. Tradycyjna forma zbierania w formie papierowej danych i informacji jest wypierana przez wersje elektroniczne [5]. Najpopularniejszym programem obecnie służącym do przechowywania informacji w formie arkusza kalkulacyjnego jest Microsoft Excel. Jest to komercyjna wersja oprogramowania, która pozwala przeprowadzać szerokie obliczenia, ale także zbierać dane w postaci tabel, tabel przestawnych, a także wykresów, które obrazują te dane. Poprzez stosowanie różnych formuł mamy możliwość wykonywania tu zaawansowanych obliczeń i analiz, łącznie z analizą warunkową czy też arkuszem prognoz. Jednakże wielu użytkowników ceni sobie możliwość stosowania tu wykresów z opcjami zaawansowanymi, np. wykresów przestawnych, które bardzo dobrze obrazują przechowywane informacje w tabeli. Przykłady narzędzi wykresów zaprezentowano na rysunku 1. Na rysunku 2 natomiast przedstawiano przykład wykresu przestawnego z zastosowaniem podziału na odpowiednie etykiety, filtry i wartości.



Rys. 1. Narzędzia do wykresów – Microsoft Excel

Źródło: opracowanie własne.

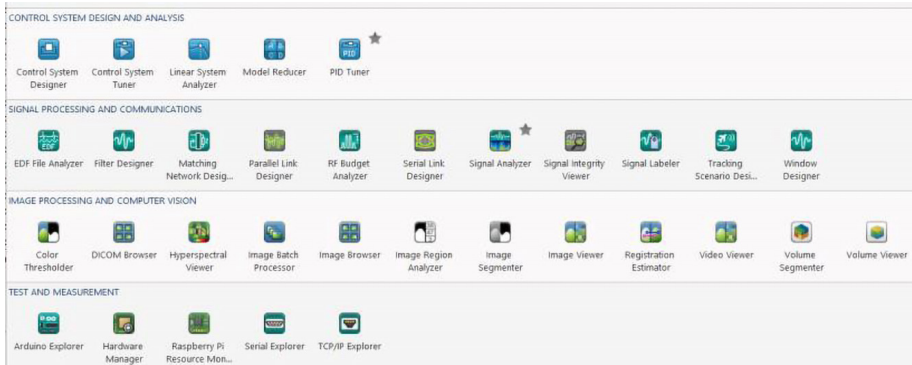


Rys. 2. Wykres przestawny – Microsoft Excel

Źródło: opracowanie własne.

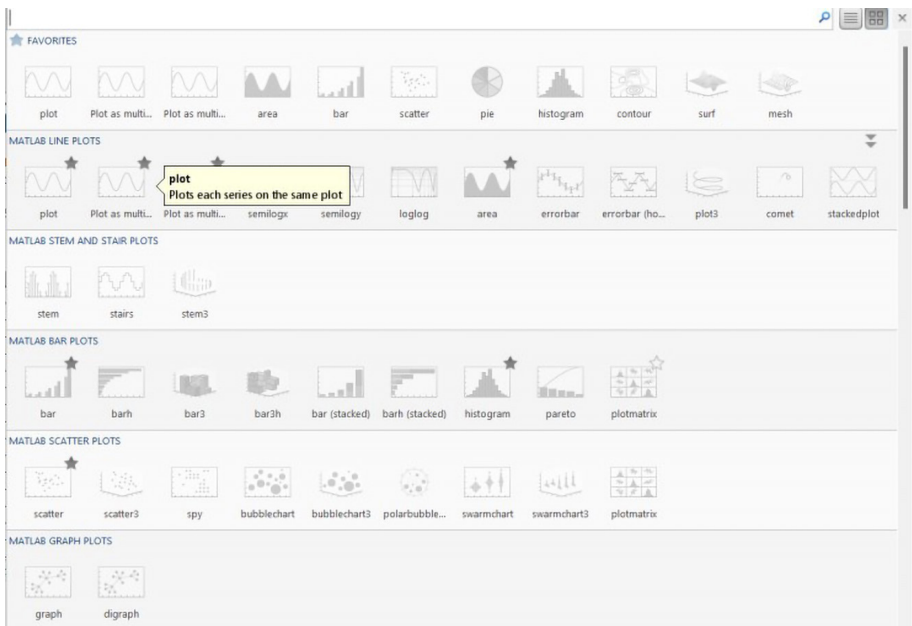
Doskonałym narzędziem do analizowania danych jest oprogramowanie MATLAB. Jest to program działający w interaktywnym środowisku, dzięki któremu można dokonywać zaawansowanych obliczeń naukowych i inżynierskich, a także symulować obliczenia i wizualizować dane za pomocą wykresów [6]. W MATLABIE występuje obiektowy system graficzny. Są też dodatkowe narzędzia (Rys. 3), które ułatwiają proces analizowania danych. Rodzaje możliwych wykresów w programie przedstawiono na rysunku 4. Stosując odpowiednie wiersze poleceń, można uzyskać również formatowania wykresów poprzez nadanie im odpowiednich barw, kształtu, określenia osi, legendy itp. Zastosowanie obrazowania wykresu dla funkcji matematycznej pokazano na rysunku 5. Jest to wykres z wykorzystaniem przestrzeni dla układu współrzędnych XYZ. Kolorem czerwonym został zwizualizowany wierzchołek wykresu. Taki rodzaj wykresu zaliczamy do wykresów trójwymiarowych. Wykorzystując narzędzia, np. do analizy sygnałów lub też regresji liniowej, możemy także przedstawiać dane za pomocą obrazu.

Bardzo dobrym narzędziem do analizy danych jest program RStudio. To narzędzie, które wykorzystuje język programowania R, a także pozwala na dokonywanie zaawansowanych obliczeń statystycznych łącznie z ich obrazowaniem [7]. Podobnie jak w przypadku oprogramowania MATLAB, tu również można dokonywać interpretacji graficznej danych. Warto dodać, że oprogramowanie RStudio jest bezpłatne. Na rysunku 6 przedstawiono przykład wykorzystania programu RStudio.



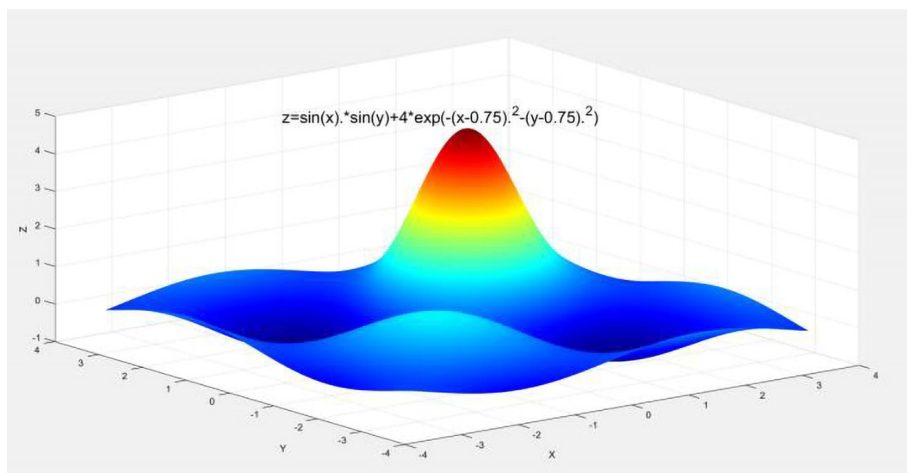
Rys. 3. Przykłady dodatkowych narzędzi w programie MATLAB

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Wykresy MATLAB

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Wykres funkcji w MATLAB

Źródło: opracowanie własne.

The screenshot shows the RStudio environment with the following components:

- Source Editor:** Contains R code for generating a scatter plot:
 

```
400 {r, eval=FALSE}
401 # generate distance/delay scatter aesthetic
402 ggplot(delay, aes(x = dist, y = delay))
403   geom_point(aes(size = count), alpha = 0.5)
404   scale_size_area(max_size = 3)
405 }
```
- Environment:** Shows a tutorial for "Data basics" with the text: "Learn about the base data types in R. Explore R's data frames, and learn how to interact with data frames and their columns." Below it is a "Filter observations" section: "Learn how to filter observations in a data frame. Use filter() to extract observations from a data frame, and use <, |, and ! to write logical tests."
- Console:** Shows the following R commands and their output:
 

```
~/git/rsrecovr/R/allR
37: results <- rbind(results, cbind(project = NA, contextsession = NA,
~/git/rsrecovr/R/projects.R
10: # list all the contextsession IDs
11: contextsession <- list.files(state_folder, pattern = "**[a-zA-Z0-9]
13: # recover the sources from each contextsession
14: results <- lapply(contextsessions, function(contextsession_id) {
16:   recovred <- recovr_sessions(file.path(state_folder, contextsession
21:   cbind(data.frame(contextsession = contextsession_id), recovred)
```
- Viewer:** Displays a scatter plot titled "Scatter chart with size and color" showing data points where the x-axis ranges from 2 to 5 and the y-axis from 0 to 40. The points are colored and sized according to the 'count' variable.

Rys. 6. Okno programu RStudio [8]

Obecnie jednym z najpopularniejszych narzędzi internetowych jest Canva. Jest to aplikacja webowa, która pozwala wykonywać grafiki, infografiki, a także multimedialne elementy wizualne [9]. Ponadto w narzędziach Canvy jest możliwość wstawiania wykresów. Wykresy łączą się z arkuszami Google lub wgranym plikiem CSV. Jest to ułatwienie procesu przenoszenia wykresu np. z programu Microsoft Excel do postaci JPG lub PDF. Wykresy są edytowalne, więc w każdej chwili użytkownik może zmienić dane. W przypadku wgrzywania plików JPG nie ma takiej możliwości. Przykłady wykresów przedstawiono na rysunku 7. Wcześniej wspomniane infografiki są tutaj uzupełniane przez gotowe szablony, które użytkownik może dostosowywać do siebie. W dzisiejszych czasach infografika jest jedną z najważniejszych form przekazu informacji. Dobrze dobrana ilość barw, a także krojów czcionek pozwala na czytelny i klarowny przekaz wiadomości.



Rys. 7. Wykres w aplikacji webowej Canva  
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 8. Infografika Canva  
Źródło: Canva.

Przykłady infografik przedstawiono na rysunku 8. Układ jest typowy dla kroju ulotki DL. Infografika pozwala również na wytłumaczenie często bardzo skomplikowanych procesów poprzez zastosowanie ciągu przyczynowo-skutkowego. Podstawą dobrej infografiki jest stosowanie zasad edycji tekstu, reguły doboru barw, a także wybór słów kluczowych bez przesadnej ilości tekstu. Warto też dodawać punktory czy też kształty tworzące odnośniki. To właśnie w infografice warto umieszczać wykresy, które są wizualizacją szeregu danych liczbowych. Warto wspomnieć, że to forma szybkiego przekazu. Nawet jeśli człowiek nie jest w stanie zapamiętać całego tekstu, to forma cyfrowa informacji pozwala na zapamiętanie ich przez nasz mózg [10].

### **3. Programy do wizualizacji 3D**

Możliwa jest także przestrzenna wizualizacja danych. To nic innego jak wykorzystanie technologii 3D do obrazowania, realizacji obiektów poprzez wykorzystanie brył, struktur czy też kształtów. Dzięki technologii 3D można przedstawiać obiekty, które dopiero będą realizowane [11]. To bardzo przydatna technologia, która idealnie wpisuje się w ideę zrównoważonego rozwoju. Już na etapie projektowania można zauważyć np. błędy konstrukcyjne, które zostaną naprawione jeszcze przed uruchomieniem produkcji urządzenia. Dzięki oprogramowaniu wykorzystującemu grafikę 3D można też obrazować obciążenia czy wykonywać analizę wytrzymałościową. Należy też dodać, że wszystkie projekty, np. domów, są realizowane w programach do wizualizacji, zanim zostanie podjęta decyzja o ich budowie. Na rynku jest wiele programów, które specjalizują się w takich działaniach.

Jednym z najpopularniejszych programów do grafiki 3D jest Autodesk Inventor Professional. To program producenta Autodesk, który jest również znany z oprogramowania AutoCAD. Inventor bazuje na grafice 2D, a następnie na modelowaniu jej do postaci 3D. W Inventorze można dokonywać zaawansowanych analiz wytrzymałościowych. Dzięki możliwości poruszania się po osiach XYZ użytkownik ma możliwość podglądu na każde miejsce modelowanego obiektu. Ponadto w Inventorze można przygotowywać modele do druku 3D poprzez wy-



korzystanie narzędzia generowania rozszerzeń STL. Przykład modelu koła zębatego przedstawiono na rysunku 9.

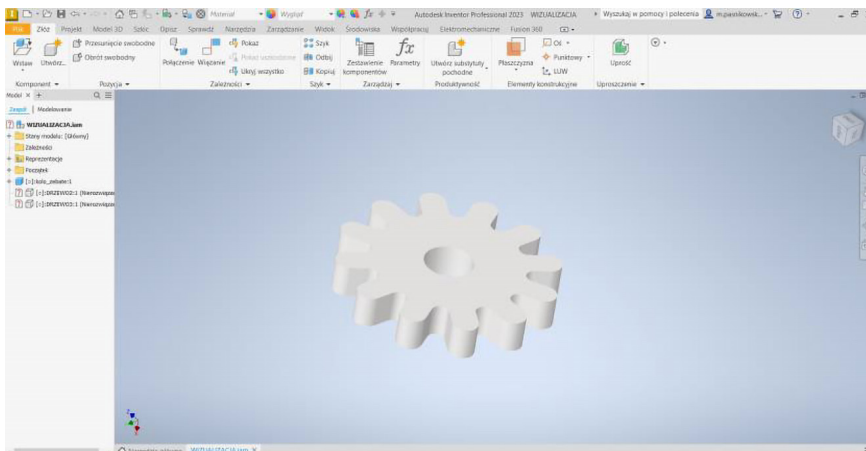
Modelowanie 3D wraz z możliwością wydruku może również być przydatne do tworzenia makiet. Jest to bardzo częste zjawisko w branży budowlanej. Przygotowane modele mogą zobrazować stan faktyczny planowanej inwestycji. Jeśli jakaś bryła nie sprzyja proponowanym rozwiązaniom, to dzięki właśnie tej technologii jest możliwe zastosowanie poprawek. To również idealnie wpasowuje się w ideę zrównoważonego rozwoju – sprawdzenie wszystkich wad i zalet, zanim zostanie przygotowana masowa produkcja bądź też wdrożenie produktu.

Wizualizacji można również dokonywać w programie 3ds Max (pełna nazwa programu to 3D Studio Max). To również oprogramowanie twórców Autodesk. Jest to program komercyjny z możliwością posiadania wersji licencji edukacyjnej. W programie tym możemy również dokonywać animacji obiektów. Warto dodać, że oprogramowanie wykorzystywane jest także przez twórców filmowych. Wprowadzając dane do programu za pomocą brył i figur oraz siatek, otrzymujemy obraz ruchomy. Przykład modelowania w programie 3ds max przedstawiono na rysunku 10.

Wizualizacja jako sposób przekazu informacji w procesie projektowym jest coraz częściej wykorzystywaną formą prezentacji projektu [12]. Na obecnym rynku w sprzedaży programów wybieranych przez architektów wewnątrz są programy takie jak SketchUp + V-Ray, Blender, CAD Decor PRO, 3ds Max+ V-Ray i inne. Rozbudowane silniki renderujące do tworzenia fotorealistycznych wizualizacji zadowolą niejednego konsumenta. W większości są to programy odpłatne, ale dzięki temu mają rozbudowane bazy modeli 3D.

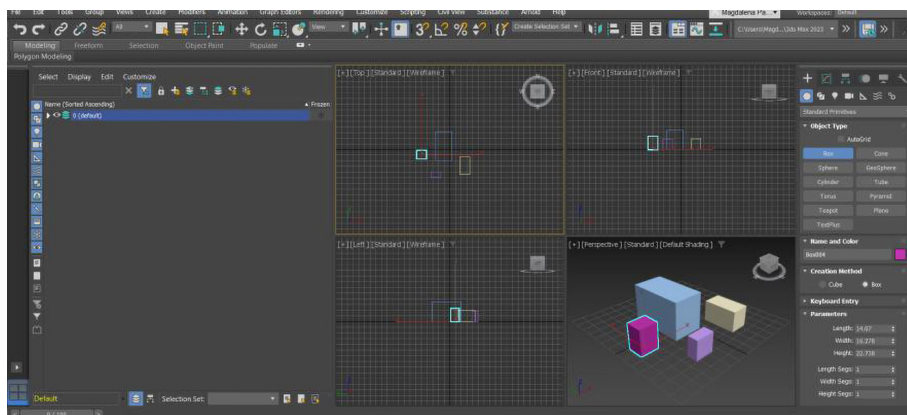
Realistyczna wizualizacja pozwala zobaczyć wewnątrz w formie gotowego modelu przestrzennego ubranego w wybrane meble z naniesioną kolorystyką. Pozwala to na łatwiejszą i szybszą pracę z inwestorem, gdyż większość odbiorców prościej wyobraża sobie przestrzeń zobrazowaną w formie graficznej niż w postaci modeli 2D. Odzwierciedlenie wymiarów daje możliwość zobrazowania przestrzeni i spojrzenia na nią z perspektywy pod różnym kątem. Możliwość obracania grafiki o 360° pozwala na przeniesienie przestrzeni z kartki w momencie, gdy budynek czy pomieszczenie są jeszcze w fazie realizacji lub budowy. Wielu osobom trudno wtedy wyobrazić sobie daną przestrzeń. Dzięki grafice 3D mamy możliwość przeniesienia i zagospodarowania danej powierzchni, oddziałując na zmysł wzroku. Ułatwia to podjęcie decyzji przy wyborze

ustawienia ścian i wprowadzeniu ewentualnych korekt jeszcze w fazie projektowej, co wpływa na lepsze wykorzystanie przestrzeni danego pomieszczenia i uniknięcie ewentualnych błędów przy późniejszej realizacji. Możliwości projektowe zaspokajają potrzeby konsumenta, a jednocześnie przyczyniając się zrównoważonemu rozwojowi w tej dziedzinie.



Rys. 9. Model koła zębatego wykonany w Autodesk Inventor 2023

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 10. Model brył budynków w 3ds Max

Źródło: opracowanie własne.

Wybierając program, warto zastanowić się, jaki efekt chcemy uzyskać i do czego ten program ma nam konkretnie posłużyć. Powinniśmy zadać sobie pytanie, czy wizualizacja ma być podstawą procesu projektowego w tym programie. Jeżeli projekt ma być tworzony na potrzeby katalogów domów czy dodatków do wnętrz, to warto wybrać silnik

renderujący V-Ray. Daje on bardzo duże możliwości uzyskania zdjęcia maksymalnie realistycznego. Trzeba mieć jednak na uwadze, że proces renderowania jest bardzo długi i trwa nawet kilka lub kilkanaście godzin. W większości tego typu programów brakuje modułu do dokumentacji technicznej i należy ją wykonywać w osobnych programach.

Jednym z programów, który daje dobre wyniki w procesie renderowania, ma dość dobrze rozwiniętą bazę modeli i dedykowany moduł do tworzenia kompletnej dokumentacji techniczno-wykonawczej jest CAD Decor PRO. Służy on do projektowania wnętrz. Posiada szeroką bazę modeli mebli od wielu wiodących producentów oferujących bryły w formacie DWG i DWX. Ma również rozbudowany katalog płytek i bazę elementów wyposażenia łazienek oraz grafik w formie JPG, który w późniejszym procesie projektowym daje nam uproszczony podgląd wizualizacji w postaci modelu 3D pomieszczenia bez procesu renderingu. Proces projektowy ułatwia również moduł mebli kuchennych (Rys. 11), sprzętu AGD wiodących producentów oraz moduł szaf wnękowych, jaki zawiera wersja PRO.



Rys. 11. Wizualizacja mebli w CAD Decor PRO

Źródło: opracowanie własne.

Praca w czasie rzeczywistym daje możliwość szybszej analizy przestrzennej wnętrza. Naniesienie kolorystyki odbywa się w sposób intuicyjny i łatwy dla projektanta, co skraca i ułatwia proces projektowy. Ustawienie wielu parametrów teksturuowania użytych materiałów wpływa na ich wygląd. Dlatego projekty w nim wykonane wiernie oddają wygląd

przyszłej realizacji, co przedstawiono na rysunku 12. Ponadto charakteryzują się zaawansowanymi możliwościami ich prezentacji.



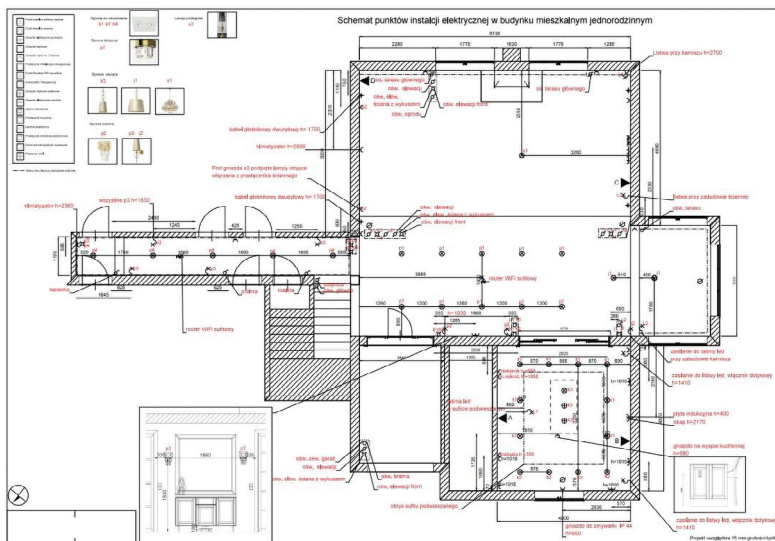
Rys. 12. Wizualizacja w CAD Decor PRO

Źródło: opracowanie własne.

Po zakończonym procesie projektowym i wczytaniu fotorealistycznej wizualizacji w niedługim czasie, jak na tego typu program, utworzenie renderingu daje możliwość wykonania rozbudowanej dokumentacji projektowej. Rysunki techniczno-wykonawcze tworzy się w rozwiniętym module wygenerowanym do danego projektu. Schematy elektryczne czy schematy instalacji hydraulicznej można wygenerować na rzucie (Rys. 13) lub kładzie ściennym (Rys. 14). Daje to przejrzystość rysunku technicznego i duże możliwości wymiarowe.

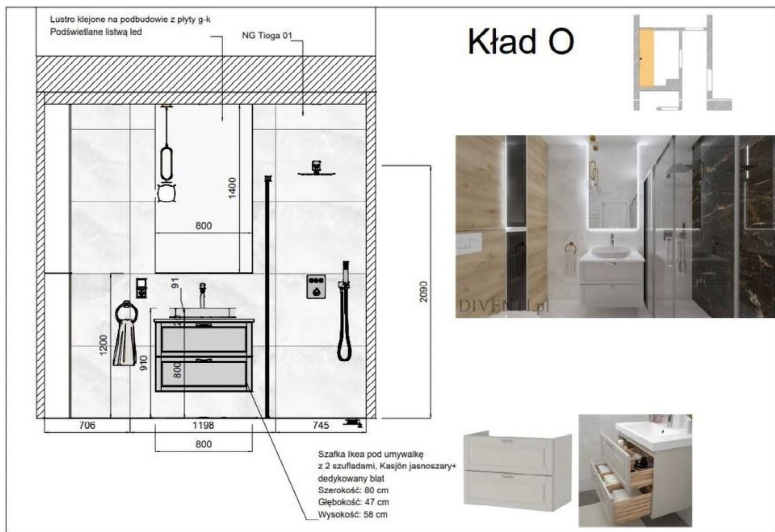
Producent programu umożliwia użytkownikowi, który wykupi dodatkowy pakiet serwisowy, aktualizację oprogramowania, dodatkowe bazy modeli czy pomoc techniczną związaną z funkcjonowaniem programu. Oprogramowanie jest zabezpieczone kluczem sprzętowym, bez którego funkcjonowanie programu jest niemożliwe. Zabezpiecza to prace wykonane przed kradzieżą czy skopiowaniem. Dlatego na jednej licencji może pracować tylko jeden użytkownik. Należy tutaj zaznaczyć, że jest to program wyłącznie do projektowania wnętrz. Tworzenie w nim projektu budynków czy zwizualizowanie elewacji zewnętrznej obiektu przysparza wiele komplikacji. Niemniej jednak jest to program oparty i utworzony na środowisku Brics Cad, a więc jest możliwe, aby wykonać budynek od podstaw, aczkolwiek do pełnych brył czy zewnętrznych części budynków lepiej sięgnąć po programy przystosowane głównie do projektowania architektonicznego. Podsumowując, program daje sporo

możliwości projektowych, wizualizacje wykonane w najnowszej wersji programu są dobrej jakości. Techniczne aspekty dodatkowych modułów zastosowanych w programie usprawniają w nim pracę. Dokumentacja jest przejrzysta i łatwa do analizy dla wykonawców. Wszystkie te elementy wpływają na lepszą organizację pracy wielu grupom odbiorczym.



Rys. 13. Rzut budynku w CAD Decor PRO

Źródło: opracowanie własne.

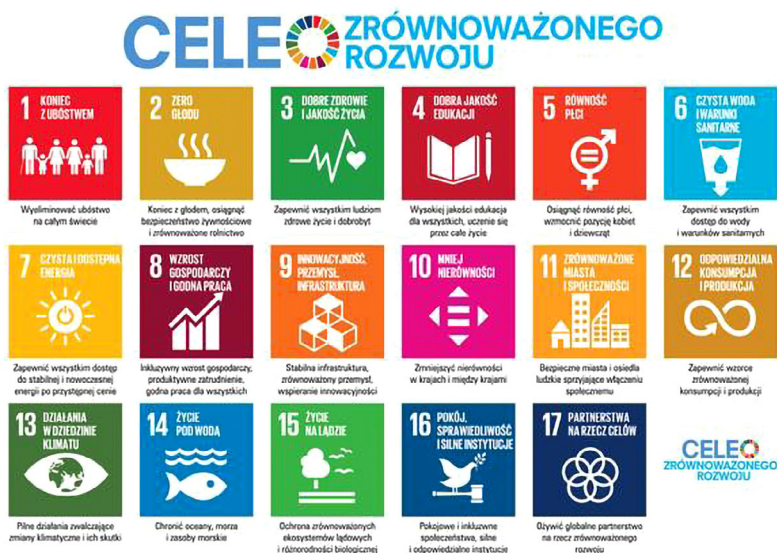


Rys. 14. Kład O w CAD Decor PRO

Źródło: opracowanie własne.

## 4. Wizualizacja a zrównoważony rozwój

Wizualizacja jest bardzo dobrym narzędziem, którego wykorzystanie ma pozytywne skutki w zrównoważonym rozwoju. Na rysunku 15 przedstawiono cele zrównoważonego rozwoju. „Zrównoważony rozwój to odpowiednie wykorzystanie zasobów celem uzyskania jak najlepszych wyników, rezultatów przy maksymalnym ich wykorzystaniu tak, aby były w zgodzie z zasadami ekonomii, gospodarki poszanowania środowiska i ludzi” [13]. Zrównoważony rozwój przewiduje również odpowiedzialną produkcję i konsumpcję. To właśnie wizualizacja wpisuje się w tę ideę. Jeśli na etapie projektowania jesteśmy w stanie zauważyć wady produktu, to nie będzie potrzeby zbędnej realizacji wadliwego elementu, który potem może stać się odpadem dla środowiska. W wizualizacji można również obrazować stan różnych czynników, które mogą mieć wpływ na różne aspekty zarówno środowiskowe, jak i np. gospodarcze (poprzez obrazowanie wykresowe prognoz).



Rys. 15. Cele zrównoważonego rozwoju

Źródło: [14].

Często wiele pomysłów powstaje właśnie dzięki wykorzystaniu wizualizacji. W licznych programach można obliczyć np. koszty poprzez wprowadzenie odpowiednich danych czy informacji o użytych produktach, częściach czy podzespołach. W ten sposób szacowane są

kwoty i to, czy w ogóle możliwa jest realizacja danego elementu. W wizualizacji możemy też sprawdzić, np. w przypadku projektów domów, czy wpisują się w krajobraz danego miejsca. Projektanci również wykorzystują to narzędzie do sprawdzenia, czy materiały spełnią odpowiednie założenia. Ponadto właśnie dzięki wykorzystaniu obrazowania niektórych elementów można także wirtualnie sprawdzić odporność na warunki, które mogłyby pojawiać się w rzeczywistości.

W przypadku wizualizacji i obrazowania danych liczbowych z różnych dziedzin życia warto zauważyć, że dzięki tym narzędziom ułatwia się analizę niektórych procesów lub też przedstawia wpływ czynników na rozwój danej sytuacji, co może pomóc w podejmowaniu różnych decyzji, zanim dojdzie do dalszego etapu. Warto dodać, że wizualizacja ma też duże znaczenie w reklamie produktów. Odbiorca może się z nimi zapoznać, zanim zakupi je w rzeczywistości [15]. Wiele materiałów edukacyjnych jest również przygotowanych w formie graficznej, co ułatwia proces edukacyjny i wpływa na zrównoważony rozwój w edukacji [16]. Reasumując, działania, które sprzyjają prawidłowemu funkcjonowaniu gospodarki, ochronie środowiska poprzez wzgląd na przeszłość, są zgodne ze zrównoważonym rozwojem.

## **5. Podsumowanie**

Wizualizacja danych i informacji to obecnie bardzo powszechne zjawisko. Pozwala ono na otrzymywanie zaawansowanych wyników, które idealnie obrazują wprowadzane dane, czy to w postaci liczb, czy wymiarów. Aktualnie na rynku występuje ogromna ilość programów pozwalających zarówno na graficzne opracowywanie danych w postaci wykresów liczbowych, jak i wizualizację projektów inżynierskich. Wizualizacja pozytywnie wpływa na proces zapamiętywania. Na etapie projektowania są możliwe zmiany, które zniwelują jeszcze w formie wirtualnej potencjalne wady projektu. Wizualizacja pozwala również na oszczędność, gdyż wiele projektów może być odrzuconych już na etapie projektowania, a nie w czasie ich realizacji. Obrazowanie danych pozwala także na dokonywanie różnych prognoz przydatnych tak naprawdę w każdej dziedzinie życia. Podsumowując, obrazowanie danych, jak i wizualizacja są jednymi z dobrych aspektów wpływających na rozwój zrównoważony.

## Literatura

1. Dziejic K., Włodarczyk M., Pańnikowska-Łukaszuk M.: *The usage of computer visualization in teaching technical subjects*, „Advances in Science and Technology Research Journal” 2014, vol. 8, nr 24, s. 72–75.
2. Pulak I., Wieczorek-Tomaszewska M.: *Infografika – graficzne piękno informacji*, XXI Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Człowiek–Media–Edukacja”, Kraków 2011.
3. Lis R.: *Role of visualization in engineering education*, „Advances in Science and Technology Research Journal” 2014, vol. 8, nr 24, s. 111–118.
4. Maury L., Górka P.: *Znaczenie technik graficznej wizualizacji danych diagnostycznych w dokumentach planistycznych jednostek samorządu terytorialnego*, „Europa Regionum” 2022, 38, s. 101–117.
5. Kierzyńska F.: *Wizualizacja danych*, rozprawa doktorska, Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych 2021.
6. Moler C., Little J.: *A history of MATLAB*, “Proceedings of the ACM on Programming Languages 4.HOPL” 2020, no. 81. s. 1–67.
7. Brzezińska J.: *Metody wizualizacji danych jakościowych w programie R*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu” 2013, 279, s. 182–190.
8. McPherson J., *RStudio 1.3 Preview: The Little Things*, <https://posit.co/blog/rstudio-1-3-release/> [dostęp: 25.03.2023].
9. Wójcicka-Migasiuk D., Pańnikowska-Łukaszuk M.: *Wykorzystanie narzędzi komputerowych w nauczaniu zdalnym w relacji pomiędzy prowadzącymi zajęcia a studentami*, [w:] *Wybrane technologie informatyczne w aspektach zrównoważonego rozwoju*, pod red. D. Wójcickiej-Migasiuk, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2020, s. 128–137.
10. Lis R., Kosicka E.: *Wpływ rozwoju wizualizacji materiałów e-learningowych na przyrost poziomu wiedzy badawczych*, „Edukacja–Technika–Informatyka” 2016, vol. 17, nr 3, s. 197–202.
11. Dziejic K., Barszcz M., Pańnikowska-Łukaszuk M., Jankowska A.: *The role of computer animation in teaching technical subjects*, „Advances in Science and Technology Research Journal” 2015, vol. 9, nr 28, s. 134–138.
12. Pielużek M.: *Design danych, czyli o procesie wizualizacji danych*, [w:] *Manual – information design. Podręcznik z zakresu projektowania komunikacji*, pod red. M. Wszołka, M. Pielużka, Katedra Grafiki Uniwersytetu SWPS, Warszawa 2020, s. 113–171.
13. Skowroński A.: *Zrównoważony rozwój perspektywą dalszego postępu cywilizacyjnego*, „Problemy Ekorozwoju” 2006, 1(2), s. 47–57.
14. Cele zrównoważonego rozwoju, <https://www.gov.pl/web/polskapomoc/cele-zrownowazonego-rozwoju> [dostęp: 25.03.2023].



15. Iskierka I.: *Techniki grafiki komputerowej w reklamie*, „Dydaktyka Informatyki” 2020, 15, s. 151–161.
16. Lis R.: *Activating role of interactive didactic materials in teaching computer subjects*, „Advances in Science and Technology Research Journal” 2015, vol 9, nr 28, s. 139–143.

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Zastosowania programów oraz aplikacji graficznych do opracowywania wizualizacji danych i informacji w kształceniu zrównoważonym**

W artykule przedstawiono problematykę wizualizacji komputerowej. Omówiono znaczenie grafiki komputerowej w procesie wizualizacji. Ukazano rolę stosowania grafiki komputerowej w różnych dziedzinach życia i nauki. Opisano najczęściej używane programy oraz aplikacje wykorzystywane w procesie wizualizacji. Przedstawiono sposoby opracowywania danych i informacji, na podstawie których dokonuje się interpretacji. Na koniec wyjaśniono znaczenie stosowania wizualizacji w aspekcie zrównoważonego rozwoju.

**Słowa kluczowe:** grafika komputerowa, edukacja, grafika 3D, wizualizacja, analiza danych

### **The Use of Programs and Graphic Applications for the Development of Data and Information Visualization in Sustainable Education**

The article presents the problem of computer visualization. The importance of computer graphics in the visualization process was discussed. The importance of using computer graphics in various fields of life and science was presented. The most frequently used programs and applications used in the visualization process are described. Methods of processing data and information on the basis of which interpretation is made are presented. Finally, the importance of using visualization in terms of sustainable development was presented.

**Keywords:** computer graphics, education, 3D graphics, visualization, data analysis

# Wykorzystanie mediów społecznościowych w edukacji zrównoważonej

ROZDZIAŁ

## 4

**Agnieszka Gandzel** | Politechnika Lubelska

**Michał Charlak** | Politechnika Lubelska

### 1. Wstęp

Media społecznościowe odgrywają dużą rolę w życiu społecznym. Szczególnie w dobie pandemii, gdy kontakt interpersonalny był ograniczony, portale społecznościowe stanowiły jedną z podstawowych form komunikacji. Początkowo ich stworzenie miało na celu dostarczenie rozrywki i ułatwienie kontaktu z ludźmi, z czasem jednak media społecznościowe znalazły swoje zastosowanie w różnych dziedzinach – m.in. w edukacji.

Celem niniejszego artykułu jest analiza sposobów wykorzystywania mediów społecznościowych przez nauczycieli oraz wskazanie na ich znaczenie w procesie kształcenia. Przyjętą metodą badawczą była metoda analityczno-syntetyczna wykorzystana do analizowania literatury przedmiotu, a także sondaż diagnostyczny, w ramach którego posłużono się techniką ankietowania.

### 2. Pojęcie mediów społecznościowych

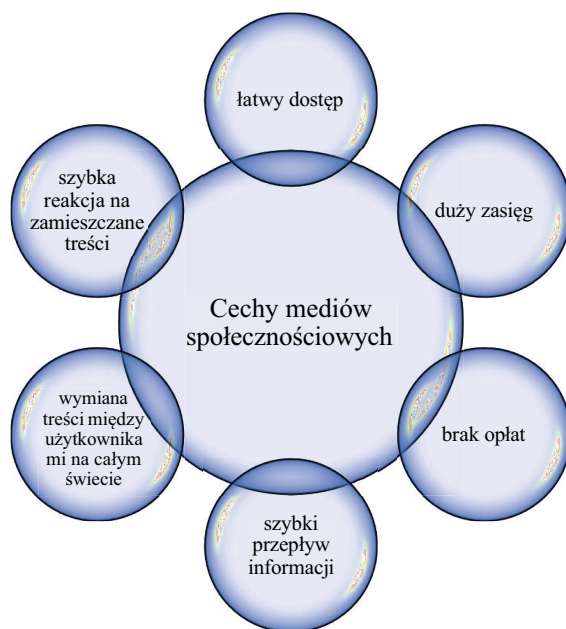
Media społecznościowe (ang. *social media*) definiuje się jako „zbiór narzędzi opierających się na mediach internetowych oraz technologiach mobilnych, które umożliwiają wymianę informacji w formie interaktywnego dialogu pomiędzy użytkownikami, pomijając przy tym ograniczenia związane m.in. z miejscem zamieszkania” [1]. Jednocześnie są to interaktywne środki przekazu, które pozwalają na wymianę treści, a komunikacja przy ich udziale jest dwukierunkowa. Użytkownicy mogą tworzyć i redagować materiały przygotowane przez innych [2], a także udostępniać swoje. Zdaniem A. M. Kaplan i M. Haenlein

media społecznościowe to grupa aplikacji, które oparte są na założeniach Web 2.0, umożliwiając kreowanie oraz wymianę treści [3].

Jak zauważa D. Kaznowski, media społecznościowe można podzielić na wiele rodzajów ze względu na pełnienie przez nie określonej funkcji. W związku z tym, autor wyodrębnił media:

- które służą prezentacji opinii i poglądów (np. blogi, vblogi),
- służące współdzieleniu treści, zasobów, zdjęć, filmów (np. YouTube, Slideshare, Flickr),
- związane z budowaniem i podtrzymywaniem relacji (np. Facebook),
- nastawione na dyskusję i komunikację (np. fora internetowe),
- nastawione na bieżące wydarzenia (np. mikroblogi),
- ukierunkowane na współtworzenie, współdziałanie (np. gry MMO, Google Docs) [4].

Jak można zauważyć, media społecznościowe znajdują swe zastosowanie na wielu polach, głównie dlatego, że charakteryzują się łatwą dostępnością, dużym zasięgiem, w większości brakiem opłat za korzystanie z nich, szybkim przepływem informacji, możliwością wymiany treści z użytkownikami na całym świecie oraz opcją szybkiej reakcji na zamieszczane zasoby.



Rys. 1. Cechy mediów społecznościowych

Źródło: opracowanie na podstawie M. Bartosik-Purgat, *Media społecznościowe na rynku międzynarodowym*, Difin, Warszawa 2016, s. 14.

### 3. Charakterystyka najpopularniejszych mediów społecznościowych wykorzystywanych w edukacji

Możliwości wykorzystania nowoczesnych technologii w edukacji zauważył R. Puentedura, który stworzył model SAMR służący integracji technologii z edukacją. Pokazuje on, w jaki sposób można wykorzystać technologię w edukacji oraz jak robić to efektywniej. Badacz wskazał kilka poziomów owej integracji. Skrót SAMR wywodzi się z pierwszych czterech wyrazów w języku angielskim:

- *Substitution* (podstawienie) – przykładem może być tu zastąpienie tablicy kredowej tablicą interaktywną, wykonywanie zadań z użyciem komputerów zamiast w zeszytach, jak również zmiana roli nauczyciela – z pozycji centralnej na pozycję towarzysza, przewodnika.
- *Augmentation* (powiększenie, rozszerzenie) – technologia na tym etapie służy rozwiązywaniu podstawowych problemów, zadań. Kartkówka może odbyć się poprzez Forms, Quizizz czy Kahoot, co przyspiesza proces sprawdzania prac, a uczniowie bardzo szybko otrzymują informację zwrotną i chętniej angażują się w działanie.
- *Modification* (modyfikowanie) – następuje tu odejście od tradycyjnego modelu nauczania na rzecz technologii. Uczniowie mogą wykonać projekt z użyciem mediów – nagranie wypowiedzi, przycięcie filmu, zmontowanie go, dodanie efektów, a następnie zaprezentowanie przed szerszą publicznością. Technologia staje się tutaj niezbędna, by zadanie mogło być wykonane. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii nauczyciel udziela szybkiej informacji zwrotnej, angażuje uczniów, stwarza okazje do pracy zespołowej.
- *Redefinition* (redefinicja, przewartościowanie) – wykorzystanie technologii pozwala na zrealizowanie zadań, których nie można było wcześniej przewidzieć. Uczniowie, wykonując projekt w zespole, muszą przydzielić każdemu obowiązki, opracować harmonogram prac. Następuje komunikacja i przyjęcie odpowiedzialności za pracę [3].

### *Substitution* (podstawienie)

- Technologia wykorzystywana jest do rozwiązywania zadań bez zmian funkcjonalnych

### *Augmentation* (rozszerzenie)

- Technologia usprawnia wykonywanie i rozwiązywanie podstawowych problemów

### *Modification* (modyfikowanie)

- Technologia umożliwia wykonywanie zadań dotychczas niemożliwych do realizacji

### *Redefinition* (redefinicja)

- Technologia pozwala realizować zadania, których wcześniej nie można było przewidzieć

Rys. 2. Model SAMR

Źródło: <https://edunews.pl/badania-i-debaty/badania/2736-model-samr-czyli-o-technologii-w-nauczaniu> [dostęp: 12.04.2024].

W tym miejscu warto przedstawić krótko przykładowe media społecznościowe, które stwarzają możliwości wykorzystania ich w edukacji. Pierwszym z nich jest YouTube – bezpłatny serwis, dzięki któremu nauczyciele – po zarejestrowaniu swojego konta – mogą współdzielić filmy, czy to w postaci wideoblogów, czy animacji, oraz komentować je. W zasobach serwisu znajduje się wiele treści edukacyjnych z różnych przedmiotów. Są one często wykorzystywane na zajęciach w szkole. Kolejnym narzędziem jest Facebook. To portal społecznościowy, który umożliwia udostępnianie plików, obrazów, linków, wiadomości. Użytkownicy tworzą sieci kontaktów, grupy dyskusyjne, a także strony poświęcone danym zagadnieniom, instytucjom czy osobom publicznym. Serwis może być także wykorzystywany jako reklama placówki, jak również jako miejsce komunikowania się z rodzicami uczniów. WhatsApp to komunikator internetowy, który umożliwia wykonywanie bezpłatnych połączeń telefonicznych, przesyłanie wiadomości, plików graficznych, mu-

zycznych czy krótkich filmów wideo. Może być wykorzystywany do stworzenia grupy klasowej dla uczniów czy rodziców. Pinterest to serwis społecznościowy, gdzie użytkownicy mogą umieszczać zbiór materiałów wizualnych, dzielić je na kategorie czy udostępniać innym. Każdą treść można polubić czy skomentować, a także przypiąć do swoich zbiorów. Narzędzie to można wykorzystać do stworzenia tablic pomysłów swojej klasy, ale przede wszystkim służy ono jako inspiracja, motywacja dla nauczycieli. Instagram jest z kolei serwisem społecznościowym, na którym można umieścić zdjęcia, filmy, rolki czy relacje. Jednocześnie powyższe materiały można edytować czy stosować filtry cyfrowe, jak również udostępniać treści na innych portalach społecznościowych. Jest on aktualnie modną formą prezentacji działań placówek edukacyjnych, ogłaszania akcji organizowanych przez szkołę itp. Kolejnym medium społecznościowym jest Messenger – bezpłatny komunikator, dzięki któremu można przysyłać wiadomości, treści multimedialne, prowadzić wideorozmowy czy rozmowy głosowe. Służyć on może do prowadzenia rozmów między rodzicami uczniów lub między rodzicami a nauczycielem. Warto pamiętać, że większość mediów społecznościowych wymaga, aby użytkownik miał skończone 13 lat.

Podstawą do jak najlepszego wykorzystania technologii do celów edukacyjnych są kompetencje i doświadczenie nauczyciela. Dlatego powinien on nadążać za rozwijającymi się technologiami, śledzić poczynania dzieci i młodzieży w sieci, by swoją działalnością odpowiedzieć na ich potrzeby i zainteresowania. Jak zauważa M. Polak, nauczyciel nie osiągnie „wyższych poziomów w modelu SAMR, jeśli nie będzie wiedział, jakim zestawem narzędzi dysponuje” [6]. Ten sam autor przedstawia propozycje narzędziownika nauczycieli, w którym zawrzeć oni mogą narzędzia przyporządkowane do pięciu funkcji: zapamiętywanie–rozumienie, zastosowanie, analizowanie, ewaluacja, tworzenie [6].

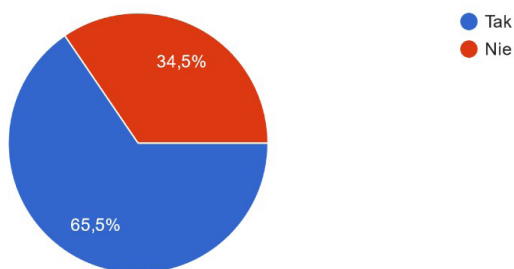


Aby odpowiedzieć na te pytania, opracowano kwestionariusz ankiety, w którym zawarto dziewięć pytań. Pierwsze trzy pytania miały na celu uzyskanie odpowiedzi na pierwsze pytanie szczegółowe – „Jaka jest skala i sposoby wykorzystania przez nauczycieli mediów społecznościowych?”. Kolejne pytania dostarczyły informacji dotyczących opinii nauczycieli na temat znaczenia wykorzystania mediów społecznościowych w edukacji. Opinie te uszeregowano wg następujących kategorii: zaangażowanie uczniów, efektywność kształcenia, komunikacja z uczniami, organizacja pracy, atrakcyjność lekcji, kontakt z rodzicami uczniów.

Mając na uwadze możliwości, jakie stwarzają media społecznościowe w edukacji, zapytano nauczycieli, czy wykorzystują je w swojej pracy. Jak wskazuje poniższy diagram, robi to 65,5% pedagogów.

Czy wykorzystuje Pani/Pan media społecznościowe w swojej pracy? (np. prowadzenie bloga, nagrywanie filmów na YT dla uczniów/rodziców itp.)

55 odpowiedzi



Rys. 4. Skala wykorzystania mediów społecznościowych w pracy nauczyciela

Źródło: opracowanie własne.

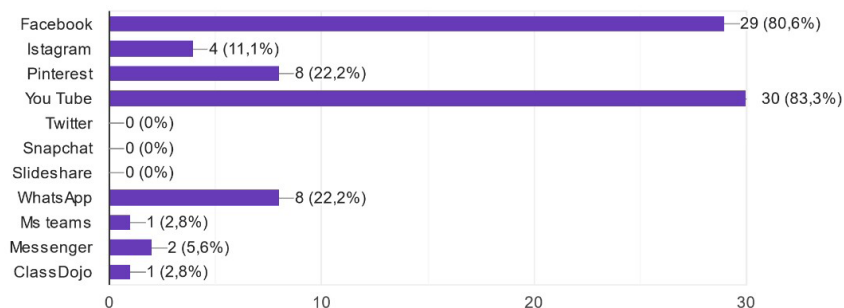
Najczęściej wybieranym medium jest YouTube (83,3% wskazań) oraz Facebook (80,6% wskazań).

W związku z popularnością wielu mediów społecznościowych wśród nauczycieli zapytano ich o sposoby wykorzystania owych portali w swojej pracy. Większość wskazań dotyczy przynależności pedagogów do grup tematycznych na Facebooku, z których czerpią inspiracje do pracy (88,6% wskazań), ale też tworzą grupy dla swoich uczniów w celu utrzymywania z nimi kontaktów (54,3%), jak również nawiązują relacje z innymi nauczycielami, by wymieniać się własnymi doświadczeniami (54,3%).



Z jakiego medium korzysta Pani/Pan najczęściej w związku ze swoją pracą?

36 odpowiedzi

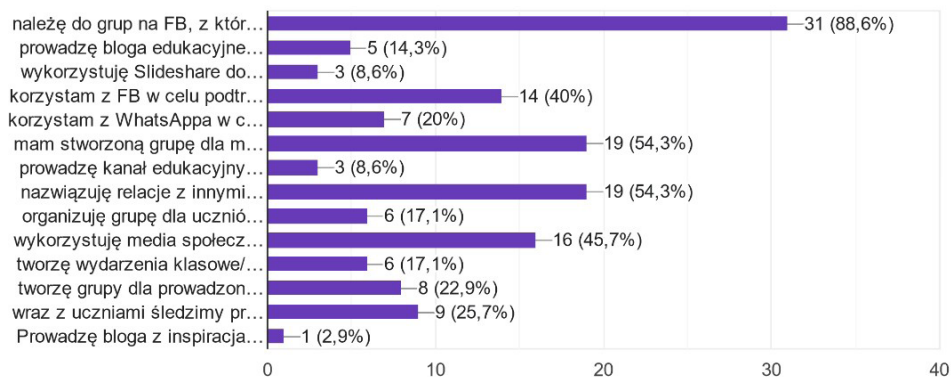


Rys. 5. Najczęściej wykorzystywane przez nauczycieli medium

Źródło: opracowanie własne.

W jaki sposób korzysta Pani/Pan z mediów społecznościowych na rzecz edukacji?

35 odpowiedzi



Rys. 6. Sposoby wykorzystania mediów społecznościowych przez nauczycieli

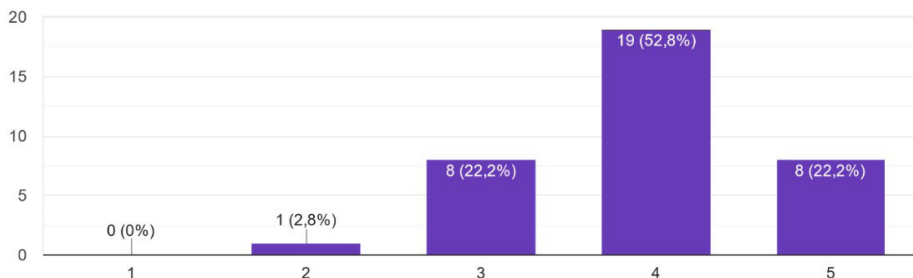
Źródło: opracowanie własne.

Odpowiadając na pierwszy problem szczegółowy, można stwierdzić, iż większość nauczycieli wykorzystuje media społecznościowe w edukacji. Korzystają przede wszystkim z YouTube'a oraz Facebooka. I to właśnie Facebook jest dla nich miejscem inspiracji, kontaktu z innymi nauczycielami. Jak wskazują wyniki, nauczyciele wykorzystują media społecznościowe przede wszystkim dla własnego rozwoju.

Druga część kwestionariusza dotyczyła znaczenia wykorzystania mediów społecznościowych w edukacji. Ponad połowa nauczycieli (52,8%) wskazała, iż media społecznościowe w dużym stopniu wpływają na zaangażowanie uczniów w naukę.

W jakim stopniu wykorzystywanie przez Panią/Pana mediów społecznościowych w procesie kształcenia wpływa - Pani/Pana zdaniem - na zaangażowanie uczniów w naukę?

36 odpowiedzi



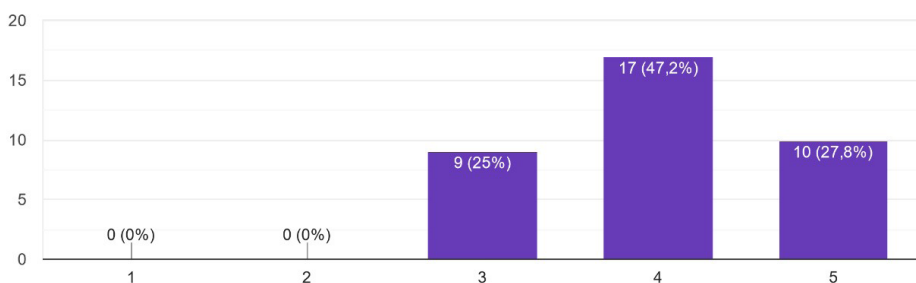
**Rys. 7.** Media społecznościowe a zaangażowanie uczniów w naukę: 1 – nie wpływa, 2 – wpływa w niewielkim stopniu, 3 – średnio wpływa, 4 – wpływa w dużym stopniu, 5 – wpływa w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Podobne wyniki uzyskano przy odpowiedzi na pytanie, jak media społecznościowe wpływają na efektywność kształcenia. W tym wypadku 47,2% nauczycieli uważa, że w dużym stopniu. Można też zauważyć, że w przypadku efektywności dwie osoby więcej niż w przypadku zaangażowania zdecydowały o zaznaczeniu odpowiedzi „w bardzo dużym stopniu”.

W jakim stopniu wykorzystywanie przez Panią/Pana mediów społecznościowych w procesie kształcenia wpływa na jego efektywność?

36 odpowiedzi



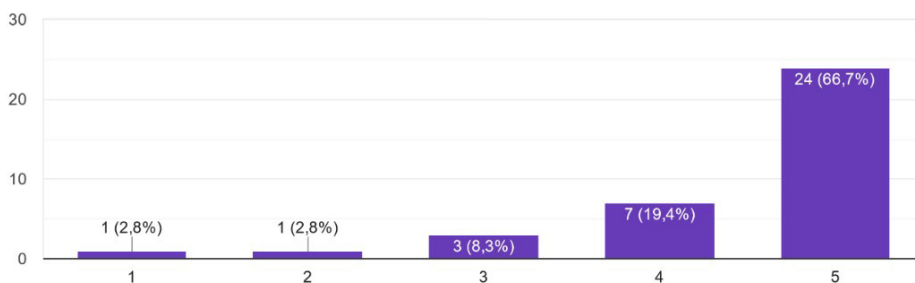
**Rys. 8.** Media społecznościowe a efektywność kształcenia: 1 – nie wpływa, 2 – wpływa w niewielkim stopniu, 3 – średnio wpływa, 4 – wpływa w dużym stopniu, 5 – wpływa w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Nauczyciele zauważają, że dzięki social mediom znacznie usprawniona jest komunikacja z uczniami. Na bardzo duży stopień wpływu social mediów na komunikację wskazało 66,7% nauczycieli.

W jakim stopniu wykorzystywanie przez Panią/Pana mediów społecznościowych ułatwia komunikację z uczniami?

36 odpowiedzi



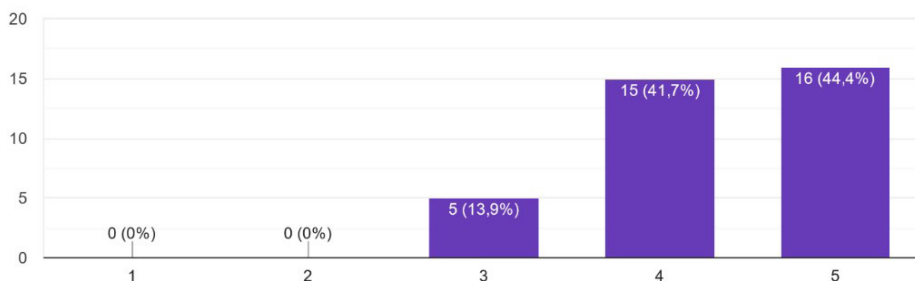
**Rys. 9.** Media społecznościowe a komunikacja z uczniem: 1 – nie ułatwia, 2 – ułatwia w niewielkim stopniu, 3 – średnio ułatwia, 4 – ułatwia w dużym stopniu, 5 – ułatwia w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Media społecznościowe w dużym i bardzo dużym stopniu oddziałują także na organizację pracy nauczycieli, co przedstawiają dane z rysunku 10.

W jakim stopniu wykorzystywanie przez Panią/Pana mediów społecznościowych usprawnia organizację pracy?

36 odpowiedzi



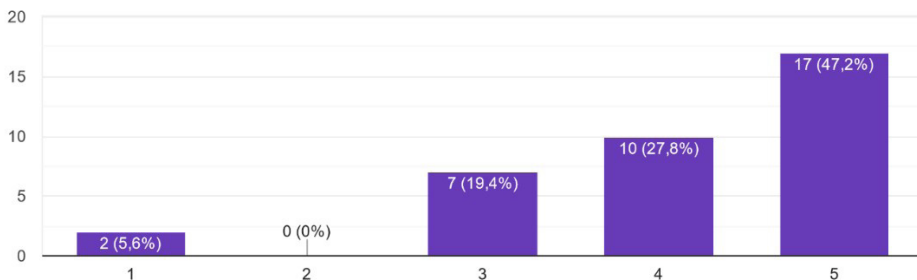
**Rys. 10.** Media społecznościowe a organizacja pracy nauczycieli: 1 – nie usprawnia, 2 – usprawnia w niewielkim stopniu, 3 – średnio usprawnia, 4 – usprawnia w dużym stopniu, 5 – usprawnia w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Prawie połowa nauczycieli (47,2%) wskazuje, iż media społecznościowe w bardzo dużym stopniu wpływają na atrakcyjność lekcji.

W jakim stopniu wykorzystywanie mediów społecznościowych wpływa na atrakcyjność lekcji?

36 odpowiedzi



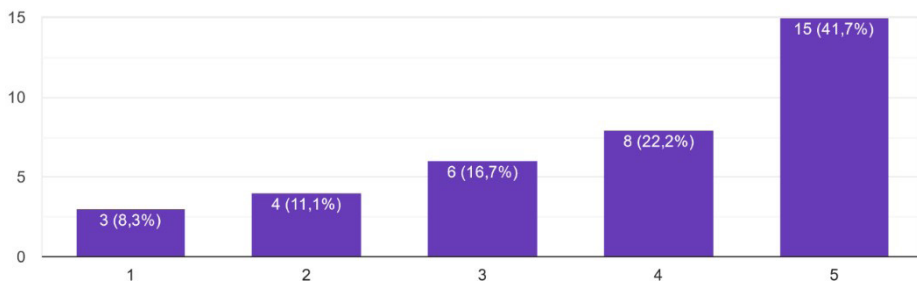
**Rys. 11.** Media społecznościowe a atrakcyjność lekcji: 1 – nie wpływa, 2 – wpływa w niewielkim stopniu, 3 – średnio wpływa, 4 – wpływa w dużym stopniu, 5 – wpływa w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Media społecznościowe mają też duże znaczenie w komunikacji z rodzicami uczniów, na co wskazało ponad 41% nauczycieli. Zauważyć jednak można, iż bardziej niż w przypadku innych pytań odpowiedzi są tu zróżnicowane.

W jakim stopniu wykorzystywanie przez Panią/Pana mediów społecznościowych usprawnia kontakt z rodzicami uczniów?

36 odpowiedzi



**Rys. 12.** Media społecznościowe a kontakt z rodzicami uczniów: 1 – nie usprawnia, 2 – usprawnia w niewielkim stopniu, 3 – średnio usprawnia, 4 – usprawnia w dużym stopniu, 5 – usprawnia w bardzo dużym stopniu

Źródło: opracowanie własne.

Udzielając odpowiedzi na drugie pytanie szczegółowe – „Jakie znaczenie mają media społecznościowe w edukacji?” – należy zauwa-

żyć, że social media w największym stopniu ułatwiają komunikację z uczniami, a także organizację pracy pedagogów.

Podsumowując, media społecznościowe są wykorzystywane przez większość ankietowanych nauczycieli. Znaczna część z nich posługuje się stroną YouTube oraz Facebook. Ten ostatni służy nauczycielom do czerpania inspiracji z Internetu oraz nawiązywania kontaktów z innymi pedagogami. Wykorzystują go także do komunikowania się z uczniami. Ankietowani stwierdzili, że używanie mediów społecznościowych podnosi atrakcyjność lekcji i jej efektywność, ale najbardziej usprawnia komunikację z uczniami i własną organizację pracy.

## 5. Podsumowanie

Media społecznościowe stanowią nieodłączny element życia coraz większej liczby ludzi. Coraz młodsi zakładają konta na portalach społecznościowych – nawet wbrew regulaminom tychże stron. Nierzadko odnajdują tam treści niedostosowane do ich wieku, wyzwania, które zagrażają ich zdrowiu lub/i życiu. Jednakże social media to także przestrzeń pełna inspiracji, pomocnych ludzi, darmowej wiedzy i możliwość komunikacji. Dlatego też szkoła powinna nadążać za postępem swoich uczniów, towarzyszyć im w mądrym korzystaniu z technologii, wskazywać wartościowe treści i uczyć na to, co jest złe. Nauczyciele, wykorzystując media społecznościowe w edukacji, mogą wprowadzać metodę Web Questu, założyć bloga, na którym uczniowie opiszą życie swojej klasy, nagrywać filmiki pełne merytorycznych treści związanych z danym przedmiotem, a tym samym wprowadzić metodę lekcji odwróconej. I ten ostatni element został przez wielu nauczycieli wprowadzony w czasie pandemii, kiedy nie spotykali się oni z uczniami, ale nagrywali filmy, by przekazać zagadnienia teoretyczne, które później omawiali na lekcjach zdalnych.

Odnosząc się do wyników badań zawartych w niniejszym artykule, można zauważyć, że media społecznościowe są chętnie wykorzystywane przez nauczycieli, ponieważ dają one duże możliwości – poczynając od nawiązania kontaktu z innymi nauczycielami, rodzicami i uczniami, poprzez prowadzenie bloga edukacyjnego dla

uczniów aż do organizacji grup projektowych. Podnoszą też atrakcyjność i efektywność zajęć, zaangażowanie uczniów, ułatwiają kontakt z uczniami i rodzicami oraz organizację pracy nauczycieli.

## Literatura:

1. Wicińska K.: *Media społecznościowe jako narzędzie rozwijające działania marketingowe przedsiębiorstw*, „Rynek – Społeczeństwo – Kultura” 2017, 3(24), s. 115–121.
2. Borkowska A., Witkowska M.: *Media społecznościowe w szkole*, NASK Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2017.
3. Kaplan A.M., Haenlein M.: *Users of the world, unite! The challenges and opportunities of social media*, „Business Horizons” 2010, 53, s. 59–68.
4. *E-marketing. Współczesne trendy. Pakiet startowy*, red. J. Królewski, P. Sala, Warszawa 2016.
5. Siguencia L.O., Kaczmarczyk P., Sadowska E.: *Rola mediów społecznościowych w innowacyjnym kształceniu – nowa przestrzeń edukacji (komunikat z badań)*, „Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy” 2018, 28(3), s. 131–142.
6. Polak M.: *Model SAMR, czyli o technologii w nauczaniu*, <https://edu-news.pl/badania-i-debaty/badania/2736-model-samr-czyli-o-technologie-w-nauczaniu> [dostęp 3.04.2022].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### Wykorzystanie mediów społecznościowych w edukacji zrównoważonej

Media społecznościowe są jednym z najpopularniejszych nośników informacji. Korzystają z nich wszyscy, nawet dzieci. Social media znalazły swoje zastosowanie również w edukacji. Dlatego też w artykule przedstawiono pojęcie mediów społecznościowych, scharakteryzowano najpopularniejsze z nich, a także opisano wyniki własnych badań empirycznych, które przeprowadzone zostały na grupie 55 nauczycieli.

Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie sposobów wykorzystania social mediów przez nauczycieli oraz wskazanie na ich znaczenie w edukacji. Do opisu części teoretycznej posłużyła metoda analityczno-syntetyczna, dzięki której dokonano analizy literatury przedmiotu, natomiast w części empirycznej wykorzystano metodę sondażu diagnostycznego, gdzie narzędziem badawczym był kwestionariusz ankiety.

**Słowa kluczowe:** media społecznościowe, edukacja, nauczyciele

## **The Use of Social Media in Sustainable Education**

Social media is one of the most popular media of information. Even children use them, as well as teenagers, adults or the elderly. Social media have also found their application in education. Therefore, the article introduces the concept of social media, characterizes the most popular ones, and describes the results of our own empirical research, which was conducted on a group of 55 teachers. The purpose of the article is to present the scale and uses of social media by teachers and to point out their importance in education. For the description of the theoretical part, the analytical and synthetic method was used, through which the analysis of the literature on the subject was carried out, while the part in the empirical part used the method of diagnostic survey, where the research tool was a survey questionnaire.

**Keywords:** social media, education, teachers

# Wykorzystanie metody elementów skończonych w modelowaniu 3D

**Karolina Tomczyk** | Politechnika Lubelska

**Albert Raczkiewicz** | Politechnika Lubelska

**Magdalena Pańnikowska-Łukaszuk** | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Grafika 3D jest to dziedzina informatyki, która zajmuje się tworzeniem trójwymiarowych obrazów i animacji [1, 2]. Jest szeroko stosowana w różnych dziedzinach, w tym także w grach komputerowych, filmach, architekturze, projektowaniu przemysłowym. Aby wykonać trójwymiarowy obraz, najpierw należy utworzyć model 3D, który jest reprezentacją obiektu lub sceny w trzech wymiarach. Model ten może być tworzony z użyciem różnych technik, takich jak modelowanie geometryczne, skanowanie 3D, rzeźbienie cyfrowe lub fotogrametria. W grafice 3D metoda elementów skończonych jest często stosowana do modelowania obiektów trójwymiarowych i symulowania ich zachowania pod wpływem różnych czynników, np. poprzez siły fizyczne, warunki graniczne lub materiały.

Obliczanie obciążeń jest to proces określania sił lub momentów, które działają na konstrukcję lub element konstrukcyjny. Obciążenia mogą pochodzić z różnych źródeł, takich jak wiatr, śnieg, ciężar własny, obciążenie ludzkie czy maszynowe. Proces obliczania obciążeń zwykle zaczyna się od określenia rodzaju obciążenia, a następnie wyznaczenia jego intensywności albo rozkładu na powierzchni, albo objętości konstrukcji. Na podstawie tych danych można określić reakcje w podporach konstrukcji. Następnie wyznaczyć siły i momenty działające na poszczególne elementy konstrukcyjne. Ostatecznie na podstawie tych danych można określić wymagane rozmiary elementów konstrukcyjnych i ilość materiałów potrzebnych do ich budowy. Proces obliczania obciążeń może być skomplikowany. Często wymaga zasto-



sowania różnych narzędzi i technik, m.in. metody elementów skończonych czy symulacji numerycznej. W praktyce dokładność obliczeń zależy od dokładności danych wejściowych, a także od umiejętności i doświadczenia projektanta.

Matematyka odgrywa kluczową rolę w obliczaniu obciążeń w inżynierii i konstrukcjach. Wiele jej zastosowań można znaleźć w metodach obliczania obciążeń i projektowania konstrukcji:

**Metoda elementów skończonych (MES)** – matematyczna technika wykorzystywana do rozwiązywania równań różniczkowych, które opisują zachowanie się materiału i konstrukcji podczas obciążenia. Podstawowym założeniem tej metody jest podział modelu na elementy skończone i wykonanie obliczeń dla wyróżnionych punktów [3]. Dzięki temu można wykonywać analizę złożonych struktur, np. mostów, budynków, samolotów, uwzględniając różne rodzaje obciążeń.

**Równania równowagi** – równanie sił równoważących i równanie momentów, są podstawą obliczania reakcji w podporach konstrukcji podczas obciążenia. Te równania są oparte na zasadzie: suma sił i momentów działających na ciało musi być równa zero, aby ciało pozostawało w równowadze.

**Teoria sprężystości** – wykorzystuje równania różniczkowe do opisu deformacji i naprężeń w materiale podczas obciążenia. Dzięki tej teorii możliwe jest wyznaczenie maksymalnych naprężeń, jakim materiał może być poddany bez uszkodzenia.

**Geometria analityczna** – pozwala na modelowanie kształtów przestrzennych i powierzchni konstrukcyjnych, a także na wyznaczenie ich właściwości geometrycznych, takich jak powierzchnia, objętość i środek ciężkości.

**Teoria prawdopodobieństwa i statystyki** – stosowane są do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremalnych wartości obciążeń, które mogą wpłynąć na zachowanie się konstrukcji.

**Algebra liniowa** – stosowana jest do rozwiązywania równań liniowych i macierzowych, które są powszechnie wykorzystywane w metodzie elementów skończonych oraz innych metodach numerycznych.

Wszystkie te metody matematyczne można zastosować do uzyskania dokładnych i bezpiecznych obliczeń obciążeń, które są kluczowe dla projektowania trwałych i bezpiecznych konstrukcji.

## 2. Metoda elementów skończonych (MES)

Każde siły działające na ciało sprawiają, że ulega ono odkształceniu. Jeśli obciążenia będą odpowiednio duże, spowodują, że element konstrukcji ulegnie zniszczeniu bądź nieodwracalnemu odkształceniu. Często stanowi to zagrożenie zdrowia i życia dla użytkowników. Dlatego tak ważna jest ocena wytrzymałości (tj. naprężeń) oraz odkształceń projektowanych elementów konstrukcyjnych [4]. Najważniejszymi czynnikami wpływającymi na naprężenia i odkształcenia są:

- rodzaj materiału,
- wymiary i kształt elementów,
- rodzaj i wartości sił obciążających konstrukcję [5].

Jedną z metod, która pomaga przewidzieć odkształcenia i naprężenia projektowanych modeli, jest metoda elementów skończonych. Jest to matematyczna metoda obliczeniowa. Służy do rozwiązywania różnego rodzaju problemów fizycznych, m.in. do mechanicznego, termicznego czy elektromagnetycznego obliczenia. Polega ona na dyskretyzacji rozpatrywanego obszaru na geometrycznie proste elementy o określonym kształcie, tzw. elementy skończone [6]. Żeby uzyskać jednoznaczne rozwiązanie, należy sformułować warunki brzegowe i początkowe, które opisują stan modelu razem z działającymi na niego siłami, utwierdzeniami itp.

Najważniejszą z zalet korzystania z metody elementów skończonych jest uzyskiwanie wyników nawet dla najbardziej skomplikowanych konstrukcji i modeli [7]. Programy typu CAE, w których wykorzystuje się omawianą metodę, opierają się na równaniu von Misesa:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + 6 \times (\sigma_{xy}^2 + \sigma_{yz}^2 + \sigma_{zx}^2)}{2}} \quad (1)$$

oraz

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (2)$$

gdzie:

- $\sigma_v$  – oznaczają naprężenia von Misesa,
- $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$  – oznaczają naprężenia osiowe,
- $\sigma_{xy}, \sigma_{yz}, \sigma_{zx}$  – oznaczają naprężenia styczne,
- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – oznaczają naprężenia główne.

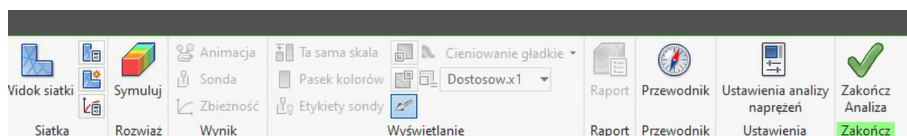
Oba powyższe wyrażenia dają równoważną wartość [8].

### 3. Zastosowanie MES w Autodesk Inventor

Autodesk Inventor jest to zaawansowany program komputerowy typu CAD, stworzony przez firmę Autodesk [9]. Program ten umożliwia projektowanie 3D oraz symulacje wirtualnych modeli trójwymiarowych, w tym m.in. części maszyn, narzędzi, prototypów, a także całościowych zespołów mechanicznych. Jednym z narzędzi dostępnych w programie Autodesk Inventor jest moduł, który służy do przeprowadzania analiz wytrzymałościowych konstrukcji, a dokładniej obliczeń numerycznych wytrzymałości konstrukcji metodą elementów skończonych. Dzięki temu narzędziu projektanci są w stanie zaprojektować bardziej wytrzymałe i bezpieczne konstrukcje, uwzględniając ich obciążenia i wymagania wytrzymałościowe. Autodesk Inventor jest to kompleksowe oprogramowanie, które pozwala na pełny proces projektowania od modelowania po symulacje i analizy numeryczne. Dzięki temu jest to popularne narzędzie w dziedzinie inżynierii mechanicznej, projektowania przemysłowego oraz produkcji. Programy wykorzystujące metodę elementów skończonych składają się z trzech modułów [7]:

- preprocesor – moduł, w którym obszar obliczeniowy jest definiowany,
- solver – moduł, w którym definiowane są parametry obliczeniowe i symulacje,
- postprocesor – moduł, który służy do prezentacji uzyskanych wyników.

Na rysunku 1 przedstawiano wstążkę z programu Autodesk Inventor odpowiedzialną za analizę wytrzymałościową.

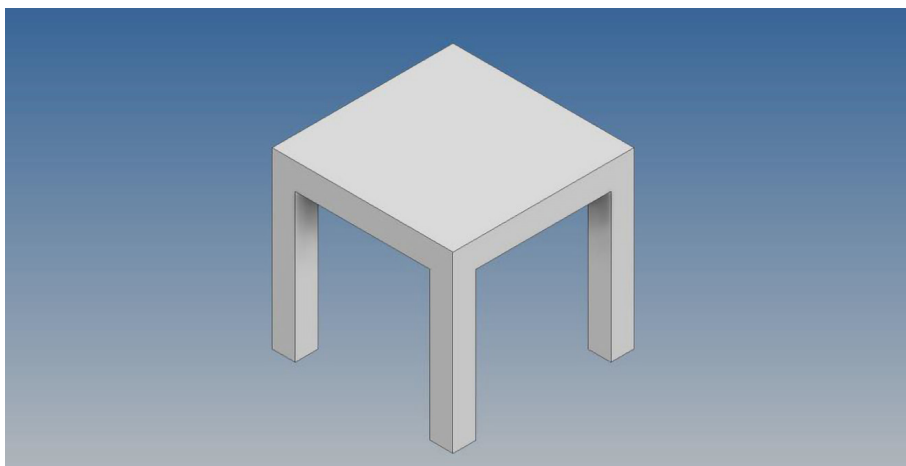


Rys. 1. Wybrane narzędzia do analizy wytrzymałościowej – Autodesk Inventor

Źródło: opracowanie własne.

### 4. Modelowanie 3D w programie Autodesk Inventor

Analiza naprężeń w programie Autodesk Inventor jest dość obszerna. Aby zaprezentować możliwości tego programu, został zaprojektowany prosty stolik dziecięcy. Projekt jest przedstawiony na rysunku 2.



**Rys. 2.** Projekt stolika dziecięcego w Autodesk Inventor

Źródło: opracowanie własne.

Wymiary stolika zostały zamieszczone w tabeli 1.

**Tab. 1.** Wymiary stolika [opracowanie własne]

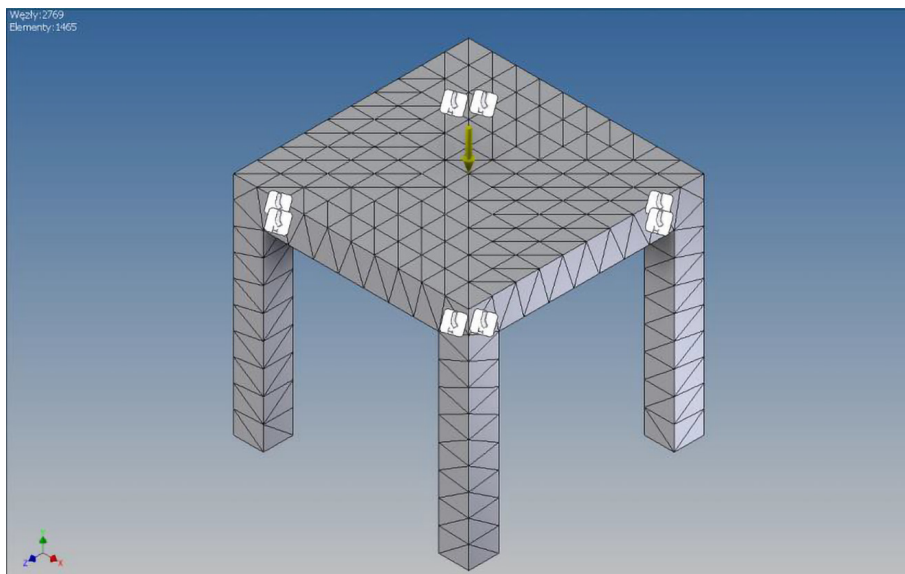
	Długość (cm)	Szerokość (cm)	Wysokość (cm)
Błat	55	55	8
Nóżki	7	7	45

Źródło: opracowanie własne.

W projekcie zastosowano wiązania stałe. Wiązania te odbierają zaznaczonej powierzchni stopnie swobody, które są związane z translacją w przestrzeni wzdłuż poszczególnych osi układu współrzędnych. Po nałożeniu utwierdzeń na krawędzie znajdujące się między blatem a nóżkami stolika dziecięcego zostało zdefiniowane obciążenie, którego działanie będzie skutkowało powstaniem naprężeń w materiale. W modelu będzie to 100 N. Nadane utwierdzenia oraz zadane obciążenie odzwierciedlają stan analizowanego stolika podczas pracy w warunkach rzeczywistych. Do danego stolika został przypisany materiał – tworzywo sztuczne ABS. Na rysunku 3 przedstawiono rozkład siatki elementów skończonych.

Siatka w programie Autodesk Inventor określa ilość elementów składających się z mniejszych elementów skończonych, które są używane do obliczenia naprężeń i odkształceń w danym elemencie. Siatka jest kluczowa dla dokładności wyników analizy naprężeń, ponieważ

im mniejsze elementy są używane w siatce, tym dokładniejsze będą wyniki. Jednak wraz ze wzrostem gęstości siatki wydłuża się czas obliczeń. Wskazany jest wybór optymalnego rozwiązania. Ustawienie wygenerowanej siatki zostało przedstawione w tabeli 2.



**Rys. 3.** Projekt stolika dziecięcego w Autodesk Inventor z siatką elementów skończonych

Źródło: opracowanie własne.

**Tab. 2.** Ustawienia siatki

Średnia wielkość elementu (ułamek średnicy modelu)	0,1
Minimalna wielkość elementu (ułamek średniej wielkości)	0,2
Współczynnik gradacji	1,5
Maksymalny kąt obrót	60 deg
Utwórz zakrzywione elementy siatki	TAK
Liczba węzłów	2769
Liczba elementów	1465

Źródło: opracowanie własne.

Liczba węzłów w analizie naprężeń w programie Autodesk Inventor odnosi się do ilości punktów, w których program dokonuje obliczeń sił i naprężeń w elemencie. Jak można zauważyć, w tabeli 2 liczba węzłów w modelu wynosi 2769. Węzły są to punkty w elemencie, w których program Autodesk Inventor oblicza wartości sił, momentów i prze-

mieszceń oraz określa naprężenia i odkształcenia. Im większa liczba węzłów, tym dokładniejsze wyniki analizy naprężeń. Jednak większa liczba węzłów wymaga większej ilości zasobów komputera i zwiększa czas obliczeń. Dlatego właśnie ich liczba powinna być dobrana tak, aby zapewnić wystarczającą dokładność analizy przy zachowaniu odpowiedniej wydajności obliczeniowej. W programie Autodesk Inventor można dostosować liczbę węzłów w analizie naprężeń, aby uzyskać optymalny balans między dokładnością a czasem potrzebnym do uzyskania wyników. W tabeli 3 przedstawiono właściwości materiału użytego do modelu.

Tab. 3. Właściwości materiału

Nazwa	Tworzywo sztuczne ABS	
Ogólne	Gęstość masy	1,06 g/cm <sup>3</sup>
	Granica plastyczności	20 MPa
	Wytrzymałość na rozciąganie	29,6 MPa
Naprężenie	Moduł Younga	2,24 GPa
	Współczynnik Poissona	0,38 ul
	Moduł sprężystości	0,811594 GPa

Źródło: opracowanie własne.

Granica plastyczności opisuje naprężenie, przy którym widoczne są odkształcenia plastyczne. W zaprezentowanym modelu wartość tej granicy wynosi 20 MPa. Jeśli na podany stolik będzie działała siła większa niż 20 MPa, to powstaną nieodwracalne zmiany plastyczne. Wytrzymałość na rozciąganie wynosi 26,9 MPa. A zatem po przekroczeniu tej wartości model ulegnie pęknięciu na kawałki. Moduł Younga jest to moduł sprężystości podłużnej. Opisuje opór, jaki materiał stawia wydłużeniu sprężystemu. Oznaczany jest przez literę E oraz określa proporcjonalność pomiędzy naprężeniem  $\sigma$  i odkształceniem  $\varepsilon$ . Moduł Younga przedstawiony jest wzorem:

$$E = tg(\alpha) = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

gdzie:

- $\sigma$  – oznaczają naprężenie,
- $\varepsilon$  – oznaczają odkształcenie.

Podsumowując, im większy ten współczynnik, tym mniejsze odkształcenie. Z analizy modelu wynika, że ten stolik dziecięcy jest bardzo podatny na odkształcenia. Współczynnik Poissona oznacza sprężystość materiału. Wydłużenie względne można opisać wzorami:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow \varepsilon = \frac{L_1 - L}{L} \quad (4)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h} \Rightarrow \varepsilon = \frac{h_1 - h}{h} \quad (5)$$

gdzie:

- $L_1$  - oznacza długość modelu po wydłużeniu,
- $L$  - oznacza pierwotną długość modelu,
- $h_1$  - oznacza wysokość modelu po wydłużeniu,
- $h$  - oznacza pierwotną wysokość modelu.

Współczynnik Poissona  $\nu$  będzie miał postać:

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon} \right| \quad (6)$$

gdzie:

- $\varepsilon_1$  - odkształcenie poprzeczne,
- $\varepsilon$  - odkształcenie podłużne.

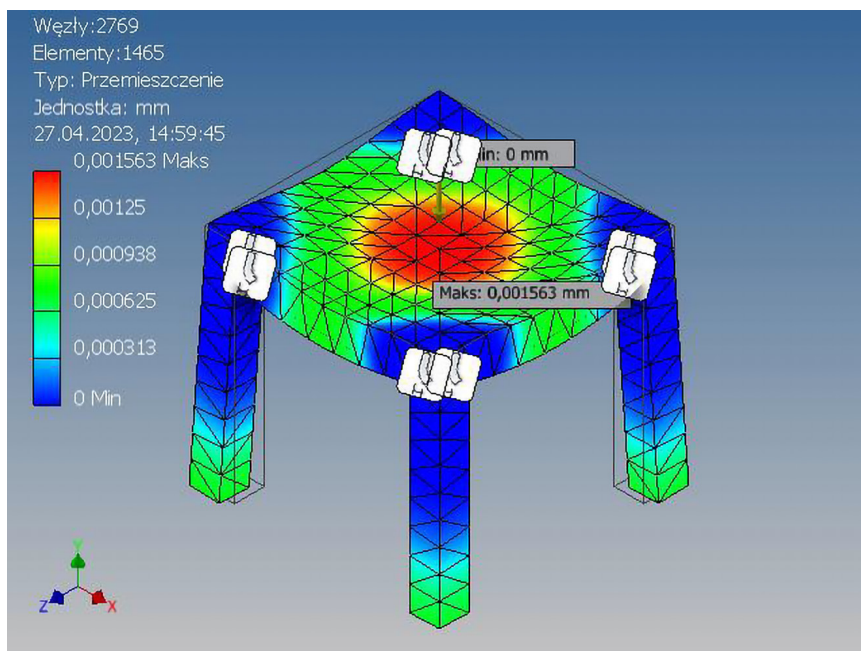
W zaprezentowanej analizie użyto tworzywa sztucznego ABS. Współczynnik Poissona dla tego materiału wynosi 0,38 ul. Moduł sprężystości postaciowej  $G$  określa proporcjonalność między  $\gamma$  i  $\tau$ . Ta zależność przedstawia się następująco:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (7)$$

gdzie:

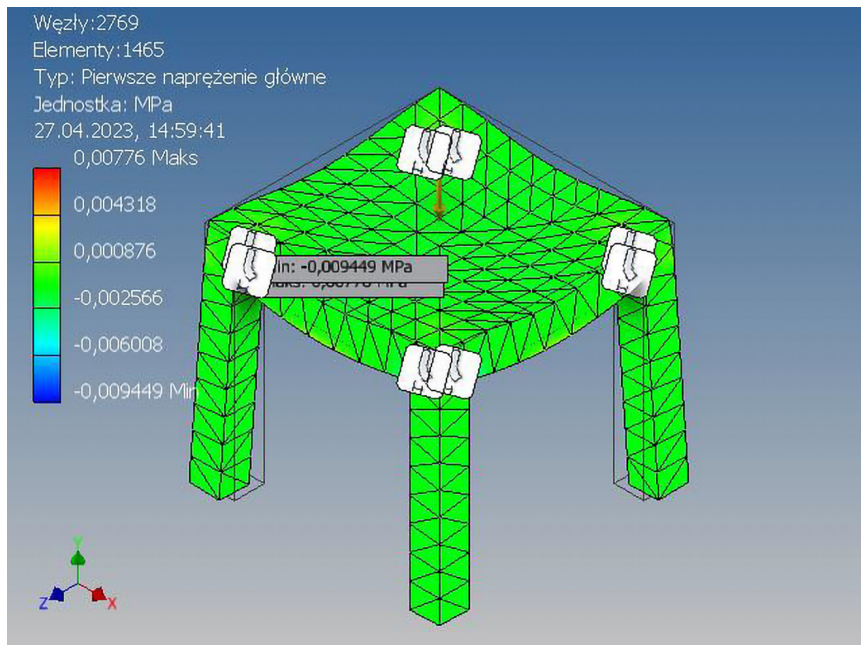
- $\tau$  - oznacza naprężenia ściskające,
- $\gamma$  - oznacza odkształcenie postaciowe [5].

W przypadku analizy tego stolika dziecięcego współczynnik modułu sprężystości jest równy w przybliżeniu 0,81 GPa. Oznacza to, że model powróci do pierwotnego stanu po usunięciu obciążenia, o ile ta siła nie przekroczyła wartości tego współczynnika. Wyniki analizy naprężeń przedstawiono na rysunkach 4-6.



**Rys. 4.** Analiza przemieszczenia w Autodesk Inventor

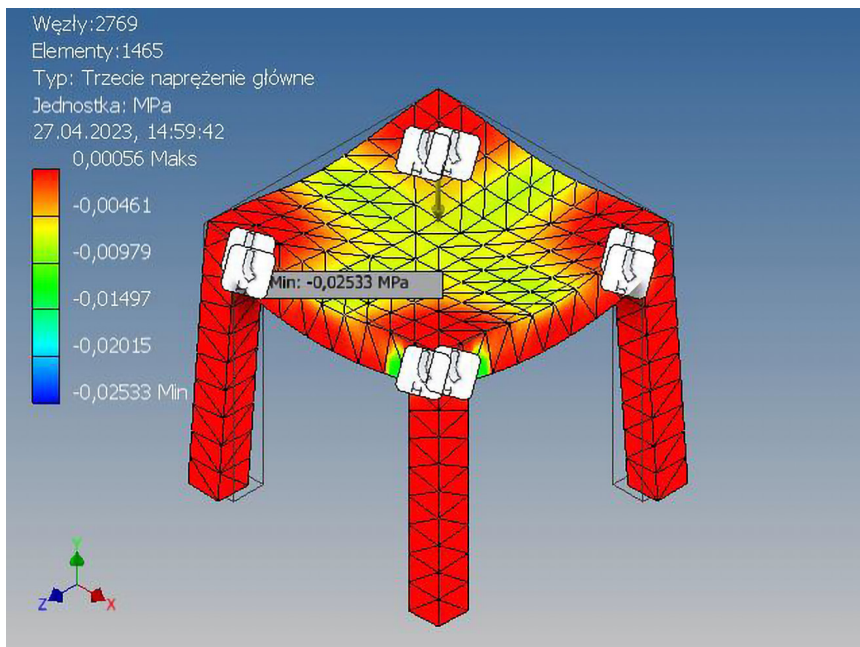
Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 5.** Pierwsze naprężenie główne w Autodesk Inventor

Źródło: opracowanie własne.





Rys. 6. Trzecie naprężenie główne w Autodesk Inventor

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie dokonanej analizy możemy zauważyć, że maksymalne przemieszczenie wynosi około 0,002 mm i znajduje się na środku blatu stolika, czyli w miejscu przyłożenia siły. Ponadto można dostrzec, że w miejscach występowania wiązań nieruchomych nie pojawiają się przemieszczenia. Oznacza to, że zaprojektowany model stolika dziecięcego lekko zapadnie się do środka. Pierwsze naprężenie główne pozwala poznać maksymalną wartość naprężenia rozciągającego w płaszczyźnie [10]. W zaprezentowanym projekcie wynosi ona około 0,008 MPa. Prawie cały model ma zbliżoną wartość do tej maksymalnej, o czym świadczy przewaga zielonego koloru na rysunku 5. Wskazuje to, że cały model ulegnie rozciągnięciu, ale nie ulegnie rozerwaniu, ponieważ nie przekracza wartości 29,6 MPa, czyli wytrzymałości na rozciąganie.

Trzecie naprężenie główne pozwala poznać maksymalną wartość naprężenia ściskającego [10]. Na rysunku 6 wartość, która obrazuje to naprężenie, wynosi 0,025 MPa i jest oznaczona kolorem żółtym. Są to miejsca, w których zaprezentowany model jest podatny na ściskanie. Granica plastyczności jest wyznaczana przez naprężenia główne.

## 5. Metoda elementów skończonych a zrównoważony rozwój

Metoda elementów skończonych pozwala na symulację obciążeń. Dzięki tym czynnościom możliwa jest eliminacja wadliwych elementów konstrukcyjnych. Projekt zostanie poprawiony jeszcze na wstępnym etapie, zanim zostanie on zakończony. Przyczyni się do ograniczonej produkcji odpadów, co jest bardzo ważne w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Projektowanie metodą elementów skończonych umożliwi wyeliminowanie ewentualnych przemieszczeń obiektu, a tym samym rozplanowanie prawidłowo obciążeń, co przyczyni się do powstawania np. trwalszych konstrukcji, które mogą posłużyć wiele lat. Takie zasady dotyczą planowania mostów, dróg, których projekty są coraz oryginalniejsze, wykorzystując nowoczesne rozwiązania materiałowe. W zrównoważonym rozwoju bardzo ważne jest zintegrowanie działań, m.in. w obszarze gospodarczym, społecznym czy też środowiskowym.

W Polsce zasadzie zrównoważonego rozwoju nadano rangę prawa podstawowego, które wynika z zapisów Konstytucji RP; art. 5 ustawy zasadniczej mówi: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju” [11].

## 6. Podsumowanie

Na podstawie opisu i analizy modelu stolika dziecięcego można sformułować wnioski końcowe. Model stolika dziecięcego nie jest przeznaczony do pracy w warunkach dużych obciążeń. Oznacza to, że w przypadku gdy stolik jest narażony na obciążenia przekraczające jego dopuszczalną granicę plastyczności, może dojść do trwałego uszkodzenia elementów konstrukcyjnych lub całkowitego zniszczenia. Model stolika dziecięcego wykazuje duże zmiany plastyczne i odkształcenia podczas pracy. Zatem elementy konstrukcyjne stolika pod wpływem obciążeń ulegają znacznym deformacjom, które mogą prowadzić do utraty ich pierwotnych kształtów i wymiarów. W skrajnych przypadkach duże odkształcenia mogą prowadzić do pęknięć materiału i uszkodzeń konstrukcji. W celu poprawy wytrzymałości modelu stolika dziecięcego

należy wprowadzić zmiany w konstrukcji lub zastosować bardziej wytrzymałe materiały. Przed podjęciem decyzji o produkcji zalecana jest analiza naprężeń w programie Autodesk Inventor. Pozwoli to na określenie, które elementy konstrukcyjne wymagają korekty lub wymiany, tak aby zwiększyć wytrzymałość całej konstrukcji. Program Autodesk Inventor zapewnia zadowalające analizy naprężeń w bryłach o prostych i bardziej rozbudowanych kształtach. Analizując rysunki 4–6, można wywnioskować, że stolik ten wytrzyma obciążenie do około 10 kg. Jeżeli stolik miałby być bardziej wytrzymały, to w pierwszej kolejności należałoby zmienić materiał, z którego został wykonany. W niniejszej pracy zostały przedstawione bardzo ważne zalety programów, które wykorzystują metodę elementów skończonych:

- zaoszczędzenie pieniędzy i czasu,
- wielokrotna analiza modelu,
- możliwość korekty modelu,
- szybsze wykrywanie błędów i wad produktu.

## Literatura

1. Hermanowicz A.: *Modelowanie powierzchni na potrzeby grafiki 3D*, „Dydaktyka Informatyki” 2021, 16, s. 152–158.
2. Dziedzic K., Włodarczyk M., Paśnikowska-Łukaszuk M.: *The Usage of Computer Visualization in Teaching Technical Subjects*, „Advances in Science and Technology Research Journal” 2014, vol. 8, nr 24, s. 72–75.
3. Balonek K., Gozdur S.: *Wprowadzenie do metody elementu skończonego*, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, AGH, Kraków 1999.
4. Sozańska L., Śliwa A.: Weryfikacja zmęczeniowa podstawy i ramienia karuzeli w programie Autodesk Inventor, [w:] *Sesja Okolicznościowa Studentkich Kół Naukowych „SO-KÓŁ’14”*, red. M. Bonek, Politechnika Śląska, Gliwice 2014, s. 77–84.
5. Kłysz S.: *Podstawy wytrzymałości materiałów*, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa 2015.
6. Dobosz H., Panek A., Dobosz K.: *Zastosowanie metody elementów skończonych do analizy naprężeń w twardych tkankach zębów*, „Dental and Medical Problems” 2005, 42(4), s. 651–655.
7. Polasik R., Zimnicki K.: *Projekt i analiza wytrzymałościowa stojaka motocyklowego w środowisku Autodesk Inventor*, „Postępy w Inżynierii Mechanicznej” 2015, nr 6, s. 57–66.

8. Kubica M., Służałek G., Służałek M.: *Metody komputerowe w badaniu historycznego wozu bojowego*, „Logistyka” 2012, nr 3, s. 1229–1235.
9. Płuciennik P.: *Projektowanie elementów maszyn z wykorzystaniem programu Autodesk Inventor: obliczenia przekładni*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
10. *Display Various Results of Simulations*, Inventor 2023 Help, 2023. <https://help.autodesk.com/view/INVENTOR/2023/ENU/?guid=GUID-BC41A1F7-AE33-4519-8856-5850A21B3492> [dostęp: 30.04.2023].
11. *Zrównoważony rozwój*, <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/zrownowazony-rozwoj> [dostęp: 30.04.2023].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### Wykorzystanie metody elementów skończonych w modelowaniu 3D

Metoda elementów skończonych jest szeroko stosowana w dziedzinie inżynierii mechanicznej, a także w innych dziedzinach nauki, m.in. w fizyce, biologii czy medycynie. W pracy ta metoda została opisana i zaprezentowana. Został zaprojektowany trójwymiarowy model przy użyciu programu Autodesk Inventor. Na podstawie tego przykładu dokonano analizy naprężeń i odkształceń oraz opisano wnioski dotyczące analizowanego projektu. Przedstawiono pozytywne strony metody elementów skończonych.

**Słowa kluczowe:** grafika komputerowa, grafika 3D, wizualizacja, modelowanie 3D, MES, metoda elementów skończonych, analiza naprężeń

### The use of the finite element method in 3D modeling

The finite element method is widely used in the field of mechanical engineering, as well as in other scientific fields, including physics, biology and medicine. This method is described and demonstrated in this paper. A three-dimensional model was designed using Autodesk Inventor. Based on this example, a stress and strain analysis was carried out, and conclusions about the analyzed design were described. In addition, the positive sides of the finite element method were presented.

**Keywords:** computer graphics, 3D graphics, visualization, 3D modeling, FEA, finite element method, stress analysis



# The Web Application for Managing the System Monitoring the Growing Conditions of Potted Plants

ROZDZIAŁ

6

**Barbara Buraczyńska** | Politechnika Lubelska

**Ewa Organista** | Politechnika Lubelska

**Oliwia Strzyżewska** | Politechnika Lubelska

**Mateusz Rębacz** | Politechnika Lubelska

**Artur Kołodyński** | Politechnika Lubelska

**Michał Staniszewski** | Politechnika Lubelska

## 1. Introduction

The activities of scientific clubs include the creation of innovative projects that respond to the identified needs and expectations of the users. One of the ways to satisfy them is the use of IT solutions such as web applications. An example of these activities can be the system for monitoring the conditions of growing pot plants, which was created as a part of the project entitled „TeamWEB develops soft skills”, financed by the Minister of Education and Science from the state budget from the program „Student science clubs create innovations”. This system supports users in cultivating plants in pots inside their houses on windowsills, terraces, and balconies, by maintaining proper conditions for plant growth. Creating an application that works with it will allow wider use of the system’s capabilities and support the management process. It allows for maintaining optimal cultivation conditions without the constant need for user intervention and without being the user in the place of cultivation. In addition, the creation of a web application to manage the system will allow it to be used by people who do not have gardening knowledge and users who do not have high technical skills (including computer skills at an advanced level).

## **2. Web applications and their technologies**

Web applications are defined as programs that are accessed using a web browser. Among them, static applications (documents), dynamic applications (interactive applications), and complex applications (database applications) are distinguished [3]. A web application consists of data and a mechanism that delivers it to the browser [5].

Web applications differ from desktop applications in their runtime environment. Desktop application runs on an operating system, while web applications use a browser as a computer client to run a server-resident program. Internet applications do not need to be installed. They are characterized by the use of client-server architecture, asynchronous communication technology, and strong centralization of data processing and storage (one database accepting data from the user and making them available on request to the application) [8].

### **2.1. The advantages of web applications**

Web applications have advantages for both the customer (user) and the provider (producer). They result from their characteristic features. Application users are eager to use them, firstly, due to the low cost of the required technical infrastructure (the client-user uses only a standard web browser at work without additional license fees for any other work environment) [9]. In addition, Internet applications have a standard and simple configuration (a default web browser is enough) and are free to choose the work environment (they run on any browser).

Their main advantage is that they are easy to use due to standardization [10]. From the user's point of view, it is also beneficial to transfer the responsibility for data processing security to the application provider [8]. Research shows that nowadays Internet applications are very popular, they are very often used on stationary and mobile devices, and Internet users spend several hours each day using them [11].

By deciding to create a web application (instead of a desktop application), the provider gains ease of application distribution (the application is available on the Internet to all users with access to a browser and the Internet). Other advantages are low costs of modifying the application and making the latest version available to users (this happens immediately and automatically for all users) and easy migration in

a way that is invisible to the user. Internet applications have a large number of potential customers because they can be used regardless of the user's work environment. The provider can conveniently administer users and data, thanks to the centralization of data (they are at his disposal). Web applications execute most of the program code on the server side, sending the results of execution to the client-user. Meanwhile, the unavailability of the software code to customers increases security, because the user has no way to know or modify the software code. As a consequence, the cost of maintaining a web application is lower than that of a desktop application. Convenience, cost, and higher reliability convince the choice of an Internet application by the solution provider [8].

## **2.2. Selected technologies for creating web applications**

In web applications, there are layers that represent logical separation. This is very beneficial when their logic is physically distributed to separate processes or servers. Web applications consist of three main layers: User Interface (UI), Business Logic Layer (BLL), and Data Access Layer (DAL). They perform different functions and have their own responsibilities [15].

The user interface is a presentation layer (creating the front end), which is responsible for everything that the user sees and can do. The other layers are the backend. The business logic layer defines the logic and rules governing a given application (in this layer, commands from the browser are processed, commands are executed and the results are sent to the presentation layer). The data access layer (DAL) provides access to stored data. The database layer stores all the data used by the application and is responsible for its security.

Various technologies can be used to create web applications. The HyperText Markup Language (HTML) is used to create the structure of the content displayed on the website. A Cascading Style Sheet (CSS) is used to determine how elements of a web application are displayed [6, 13].

Scripting languages are also used in the development of web applications. An example is JavaScript, which makes possibilities to create dynamic websites that regulate user actions (mouse clicks, text input). Thanks to it, it is possible to create interactive forms, animations, games, etc. The JavaScript code can be embedded inside HTML



documents or in separate files linked to that document. It is interpreted by the browser immediately after entering a given page or when performing a specific action. Its execution takes place without precompilation [6, 17].

Programming languages are also used when creating web applications. They are most often supported by frameworks, i.e. ready-to-use frameworks for building applications. They provide simple sets of components and libraries that perform specific tasks, thus accelerating the implementation process. An example of scripting language is the PHP, which is executed on the server and returns the website code to the browser. This language also supports database systems. It uses SQL commands to capture responses from databases [14]. Another programming language is Ruby. It is an object-oriented language that is suitable for modelling and building complex software. There is a „Ruby on Rails” framework that supports the development of web applications. It works with databases similar to the PHP language. The Ruby language is based on the MVC pattern, responsible for dividing the application into three parts: model, view and controller [16, 18].

Web applications most often use a database server that provides and stores data for it. To modify or download data from the database, SQL queries are sent to the server. Based on the request, the server sends the appropriate content to the user in the application. Database technology increases processing efficiency and data security. It also supports the separation of the web application logic from the data structure [1].

### **3. The systems and applications supporting the cultivation of plants at home**

Currently, there are many applications that support the cultivation of potted plants – reminding about watering them (e.g. Waterly, Planter), allowing recognition of plants or their diseases (e.g. PlantIn, Happy Plant), giving encyclopedic information about plants and their needs (e.g. PlantNet Plant Identification) or measuring and managing a wide group of plant growing conditions. Often desired and used by users is the function of reminding about regular watering of plants or about controlling hydration available in the phone application, e.g. Waterbot. The Plant Care Reminder application is a more extensive program that

reminds the user not only about watering plants, but also about fertilizing or spraying them. The Vera: Plant Care App has similar functionalities [19, 20]. Although these applications help in creating the right conditions for growing potted plants, they require user action, and thus regular supervision of the place where the plants are grown. In the event of a long absence, it is necessary to involve another person who will take care of, for example, watering the plants.

If it is difficult to find a person who will take care of the plants on a regular basis, the use of automatic irrigation systems may be a solution. In-home automatic watering systems – such as the Flower Messenger drip irrigation for potted plants or the AquaBloom automatic watering can – it is possible to program the frequency and amount of water dispensed at one time (watering duration) [21]. Such systems make it possible to automate the watering of up to 36 pots at home or on the balcony, but they do not take into account the changing demand of plants for water – greater on hot and sunny (dry) days and less on cooler and rainy days (with higher air humidity). In this way, regular watering can be ensured, but not necessarily adequate for the changing needs of the plant. There is also no possibility of remote monitoring of growing conditions (outside the place where plants are grown) and reacting to them.

The encyclopaedical applications like PlantNet Plant Identification [22] can be a source of knowledge about plants, place of occurrence, recommended growing conditions, special needs, etc. More useful in practice are applications which help in solving problems related to plants (diseases, lack of micronutrients, parasites, insects). These have been made by people, which knowledge is proven in practice. In some cases these apps give options to create a society, in which people help each other in managing their plants to look and feel better. As it can refer to different groups, like home planters and wide area farmers, many such applications exist. A good example is the Android application „Blossom” [23], which was awarded by People’s Voice Winner in the Webby Awards in 2022. Even Google Lens [24] could be very helpful as it can deliver important data about plant disease using only the photo taken by a smartphone. Some of them can also be very supportive in setting proper crop load [25].

More advanced are applications that control parameters of conditions based on the weather forecast or extended hardware, which allow

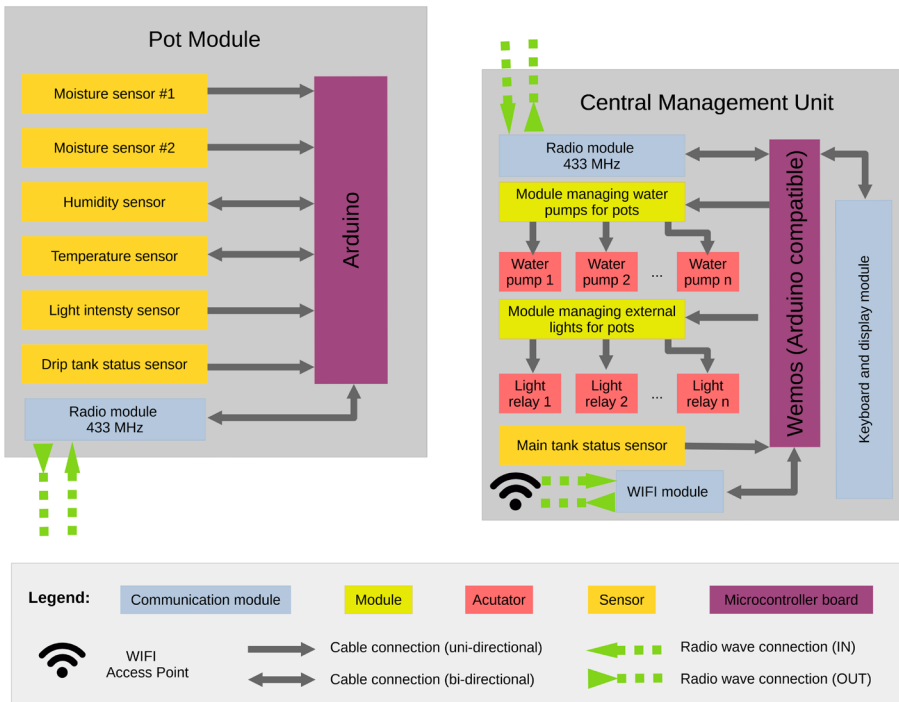
the delivery of detailed information about the weather conditions and/or the soil parameters. In last years these applications are more and more popular in agricultural businesses, because some of them are free of charge, doesn't need additional equipment, gives more accurate data than previous weather forecast, and allow the users to define region of interest, which does not need to be searched for again. Such systems, build on additional hardware, can give more precise data, assess fire risk and minimize its hazard by human reaction [26].

The most advanced are semi-fully or fully independent systems which control parameters, store information and are capable of taking some actions – like watering, lighting or heating/cooling of the plant environment to help them grow properly. These systems are not so popular, mostly because they are prepared at the customer's request. It also consists of additional support and data processing, which is an important part of the plant cultivation system.

Commercial solutions are not covered by an external standard, so there is no possibility to share hardware between different systems. In such a situation the proposition of an open standard of hardware and application that uses this equipment appears as a step in the right direction.

#### **4. Project of a web application for managing the system monitoring of growing plants in pots**

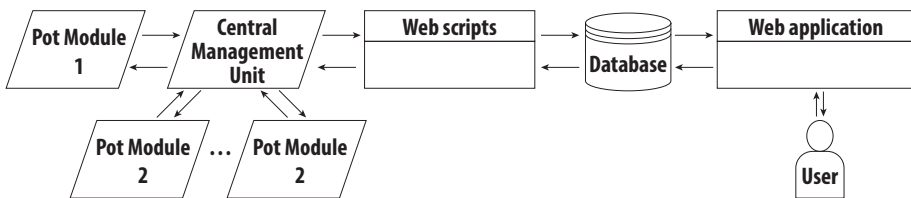
The designed web application that will cooperate with a system that monitors plant growing conditions consist of two kinds of parts. One is the Pot Module built of an Arduino microcontroller connected with sensors (two soil moisture sensors, an air humidity sensor, an air temperature sensor, a light intensity sensor and a drip tank status sensor) as well as a radio module (Fig. 1). Second one is the Central Management Unit. It is built with water pumps, light sources (light bulb), and modules to manage them, as well as a main tank status sensor, communication modules (radio module and WIFI module) and a module to communicate with the user (keyboard and display module) [12].



**Fig. 1.** The construction diagrams of the Central Management Unit and the Pot Module

Source: own elaboration.

The web application together with the database will act as a server, at the same time the Arduino microcontroller of the central module will act as a client. Figure 2 shows the directions of information flows between the system components – the Pot Modules, the Central Management Unit, the web scripts, the database, the web application, and the user.

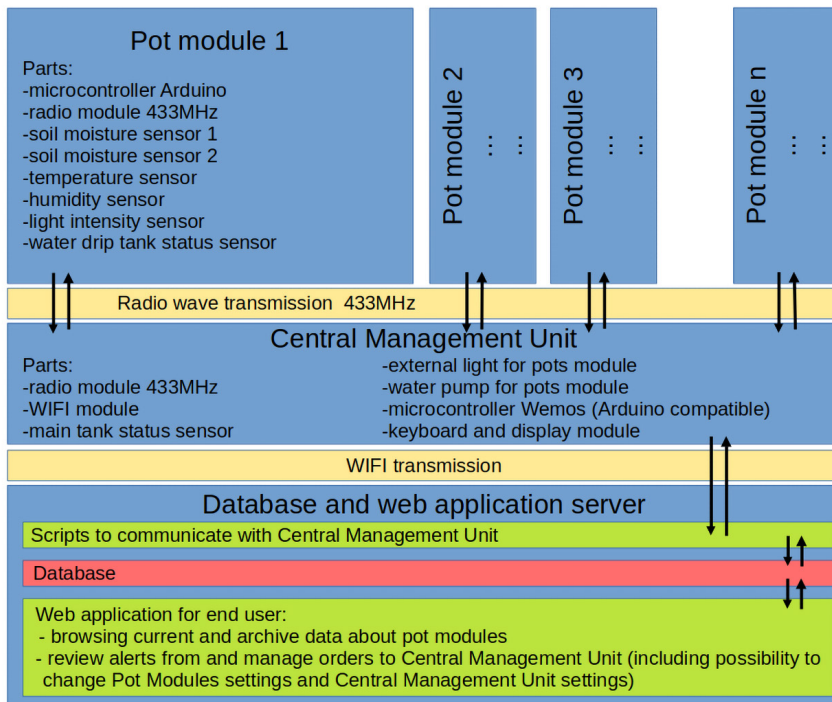


**Fig. 2.** The communication between components of the system

Source: own elaboration.

The database will contain data from the Central Management Unit (including data obtained by it from the Pot Module). The web application can retrieve them and process them on a server on the Internet, and

the user will see the results on a web page opened in any web browser. In the web application, the user, apart from simply reading data, has the ability to manipulate data (i.e. insert, edit, and delete them from the database). Then the web app can present them. The data saved in the database can also be used by the web scripts communicating with the Central Management Unit. Thus, the user can influence the operation of The Central Management Unit. In the area of data flow in the entire system, a model is implemented: data generation by the Pot Module, transferring them to the Central Management Unit, saving data in the database using the web scripts and storing them there, and finally making the stored data available to users via a web application. The data flow is bidirectional. The diagram of entire system including methods of transmission between modules, the database and the web application is presented on Figure 3.



**Fig. 3.** The diagram of the system including methods of transmission between modules and the web application

Source: own elaboration.

## 4.1. The assumptions

Creating a web application requires defining design assumptions. They will be used in the selection of appropriate IT solutions. The project assumes that the application will communicate with the server to:

- retrieve information about the growing conditions in each pot (soil moisture, air temperature and humidity, light intensity),
- retrieve information about the minimum length of the day and the amount of water dispensed at one time,
- retrieve information about the amount of water used for watering,
- retrieve the day length, minimal and maximal measured values of light intensity,
- retrieve information about light source statuses (additional light exposure when measure light value is too small),
- download information about incidents from the database (e.g. too low temperature, low soil moisture, an insufficient amount of light) and measure records from the register (e.g. dates and times of measurements, pot number, type of measurement or incident).

Information about the growing conditions of plants will be retrieved from the database. The database will store the history of measurements and events.

It is assumed that the system will be built in such a way that it can be easily used by people who do not have knowledge about plant cultivation and do not have advanced computer skills. The application should be aesthetic and user- friendly. Hence, it should be possible to easily select the flowerpot about which information will be displayed. Parameters for only one pot at a time will be presented to ensure transparency of the displayed data. This structure of the application will ensure its easy expansion in case of increasing the number of pots connected to the monitoring system. The first draft of the application's appearance, presented in Figure 4, will be a source of inspiration for the final appearance of the application.

Creating an application requires ensuring that the content is displayed correctly on different devices (application responsiveness). It is especially important to take into account mobile devices (such as telephones, smartphones or tablets), because they will be widely used by people being away from home (where plants are grown).

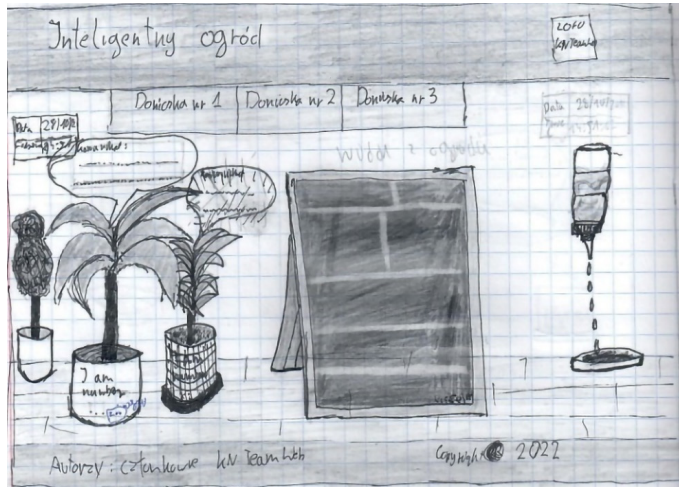


Fig. 4. The web application layout sketch

Source: own elaboration.

It is also assumed that several technologies will be used to create a web application. The structure of the application will be built using the HTML5 language. The appearance of the pages will be defined in a cascading style sheet (CSS). Dynamic content and interactivity will be created using the PHP programming language. An SQLite database will be used for data storage and processing.

## 4.2. The application functionalities

The system for monitoring the cultivation conditions of pot plants together with the application should help users in growing vegetables and decorative plants without the need for their involvement. Due to the fact that the monitoring system is designed to work in autonomic mode, the web application is designed as a user-friendly viewer and manager of system status. In principle, the web application will enable users to display information from the system and process it through the following functionalities:

1. Presenting information about the growing conditions of the plant. The application will retrieve from the database information about sensor readings. The application will display the minimum and maximum air temperature, current soil moisture, air humidity, and current insolation. In the case of incorrect (too low or too high) values of the measured parameters, they will be highlighted in red.

2. Displaying information about the amount of water to dispense and the activation of the light source (lamp on/off).
3. Current date and time display.
4. Capability of selecting the pot to display information about its condition. Ease of switching is important.
5. Viewing historical data on growing conditions and displaying information from the register, e.g. about incidents. This functionality is useful if the user cannot monitor the crop on an ongoing basis.
6. Possibility to choose the language version – Polish or English. This functionality will allow a wider range of users who know English to use the application. In addition, preparing applications in English will facilitate establishing cooperation and promoting the application internationally.

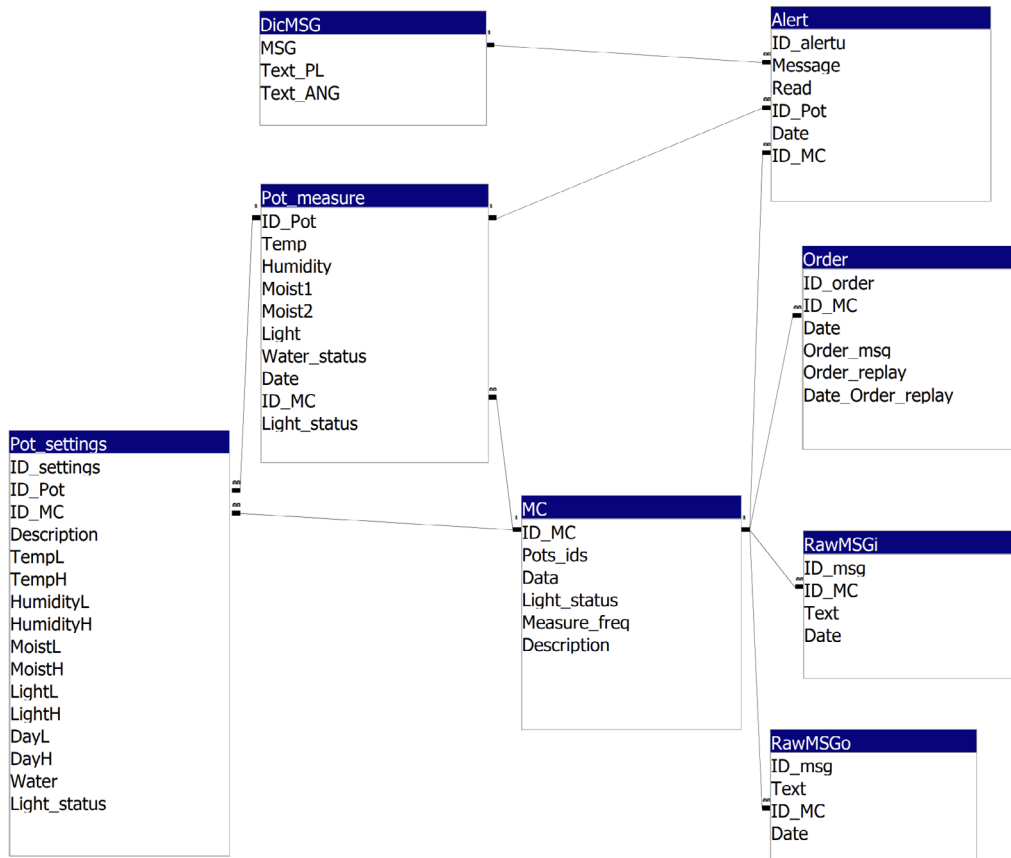
In the future, it is planned to expand the application and add functionalities that will be needed during its use.

### **4.3. The database used by the web application**

The web application will use an SQLite relational database where the entire database is stored in a single file on disk. The SQLite database management system is based on the SQL language. It is characterized by self-sufficient, serverless, configuration-free and transactions (i.e. a sequence of operations to a common atomic execution) [4]. SQLite is very fast and lightweight compared to the popular MySQL client-server database. It is optimized for use in small environments, therefore it is perfect for small projects [7], such as application for managing the system monitoring the growing conditions of potted plants.

There will be 8 tables in the database, which will store data on the set cultivation conditions, on the cultivation conditions prevailing in individual pots, on the operation of devices controlled by the Central Management Unit, on orders and incoming and outgoing messages. The diagram of the relational database connected to the application is shown in Figure 5. The data in the tables are saved and read by the web script (e.g. saving data on growing conditions in a pot in the “Pot\_measure” table and reading data from the “Pot\_setting” table) and via a web application (e.g. reading data from the “Pot\_measure” table and messages from the “DicMSG” table).





**Fig. 5.** The database schema for a web application for managing the system monitoring the growing conditions of potted plants

Source: own elaboration.

The use of the database ensures not only the correct operation of the system and the web application but also gives the opportunity to collect information about everyday cultivation conditions and system activities (alerts, incidents). As a consequence, the application can display them to the user at a convenient time for him.

#### 4.4. The web application algorithm

The key element of each web application is the algorithm that determines how to implement the assumptions of its operation. Figure 6 shows the algorithm of the described web application in the form of a graphic block diagram. The algorithm of the web application shows how the user can navigate the webpage. In the beginning, no parameters are set. In this

case, the web application set the pot module to 1. It allows the application to send a query request to the database for the last measures of the selected (first) pot. As a result, the database sends back one data record from table „Pot\_measure”. The generated webpage has anchors, which allow the user to easily navigate to the next subpages. They are generated and uploaded to the server in standard HTML format. The active buttons allow the user to change pot, then a similar page with data of another pot is displayed. Another option is to view historical data of the current pot. In this case, the user can choose a history period to show. When the range of dates is set, the PHP code generates a query to get all results from the selected period. The results are parsed into a table in chronological order. The values which are not between optimal ranges are marked red. Another option is to display the values of settings for the current pot in HTML form. User can easily change existing values by writing new values and clicking „Save”. This causes the PHP code to send an update query with new set values for current pot settings, and next the page with settings values in HTML form is displayed again. User can go to the page with the last measured the values for current pot by clicking „Back” button. User can also view Central Management Unit settings, which looks similar to the pot settings. In this option, the user can change the interval of gathering data from pots. Also, information about the water level in main tank and the states of the flowerpot lamps are displayed. Updating changes works the same way as in „Pot settings” page.

The user can also reach the alerts page. In this option, the webpage with alerts, which were not marked as read, is shown. All needed information about time, a pot and measured values are clearly displayed in a table. The user can also send confirmation that he read the message, to hide it. After that, the selected alert will not be shown, when page will be displayed again.

All parameters in the web application between individual webpages are provided by HTML forms and received as the GET parameters. This solution is not the most secure, but security restrictions can be achieved through other methods [2]. The main advantage of this way of communication with the server is the ease to script it. It is worth to mentioning, that all GET parameters are also shown in the webpage address, which helps in finding errors and testing the PHP code.

In the future, as a feature to show historical data, the minimal, maximal, and average of measured values for each day can be put in

an additional table shown on the webpage. Later the page can be easily extended with a graph generated from mentioned earlier values.

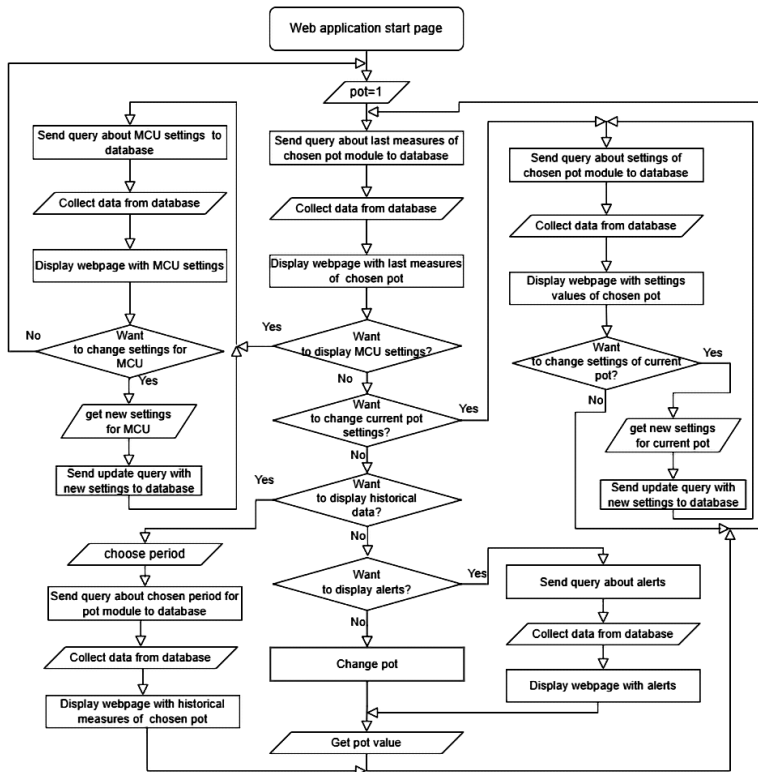


Fig. 6. The web application workflow algorithm

Source: own elaboration.

#### 4.5. Web application layout

Graphics from Pixabay were used to create the layout of the application. They can be used for free for commercial and non-commercial use across print and digital. The main page of the application (Fig. 7) in the header part contains the logo of the scientific club, the name of the application and the navigation menu. In the body of the application, there is a board with information about the project and its funding.

The main parts of the application are the subpages “Flowerpot 1”, “Flowerpot 2” and “Flowerpot 3”, where retrieved data from the database are presented. They inform about current cultivation conditions, selected system management parameters as well as incidents and log records (Fig. 8).



Fig. 7. The main page of the application in the Polish language version

Source: <https://teamwebdev.pollub.pl/aplikacja/> [available: 08.03.2023].



Fig. 8. The subpage „Flowerpot 1” in the English language version

Source: <https://teamwebdev.pollub.pl/aplikacja/> [available: 08.03.2023].

The web application, which is an integral part of the monitoring system, allows its users to keep track of the current growing conditions. The changes of all the parameters are stored in a database which allows the user to check the history of the whole plant life cycle and eventually notice side effects.

## 5. The discussion

The web application to manage the system that monitors plants cultivation conditions presented in this article is an answer to the customers' interests in organic food and the need to save resources. Using it for indoor and outdoor crops enables rational water usage while simultaneously creating optimal conditions for plants vegetation. The system with the web application can be used by both people who do not possess the botanical knowledge about the plants needs and traditional methods of water requirements evaluation, and people, who have some experience with the plants. At the same time the web application is useful for the people who do not have enough time to monitor soil moisture on their own and instantaneously respond to the soil over-drying. Other than that it will work well for individuals who often forget to regularly water their plants and for those who are not able to constantly tend to them due to their prolonged absence from their homes.

It is important to mention that the web application has some limitations. In order to work efficiently, the web application requires constant power and internet connection. Moreover, a Wi-Fi Internet connection is needed to have the web application fully operational and interactive. In case of network connection failure, the data is stored in MCU local memory, however, it will be automatically uploaded to a database after restoring the connection. It is essential to admit that a short-time lack of power supply does not affect the work, due to the usage of an uninterruptible power supply system.

There are more limitations. The possibility of entering cultivation conditions by users without high IT skills is also limited. Also it is worth considering using a few independent monitoring systems (one for pots at home, one for balconies, one for vegetables, etc.). However, it is planned to add such functionalities as part of further work on the system and application.

## 6. The conclusion

The described web application for managing system for the cultivation of plants at home can positively affect the lives of its users. It helps in the cultivation of plants (e.g. vegetables and fruits) bringing financial

and health benefits. In addition, it supports pro-environmental activities by increasing the volume of organic food production and reducing the carbon footprint (produced food is consumed at the place of production – no crops need to be transported).

There are some limitations to the system of monitoring the conditions for the cultivation of plants and the application that manages it. However, further development work is planned to include the expansion of the monitoring system and the addition of new functionalities to the web application. In the future, the monitoring system will be enriched with a heat source, which will be particularly useful in domestic/backyard greenhouses or balcony conservatories. This will help to create more favourable conditions for growing plants in the early spring and autumn periods when the outside temperature is too low. This will extend the vegetation period of the plants. It is also intended to set up a database of conditions for the cultivation of different plant species, increase the number of monitored pots/points and add the display with the amount of water consumption by the system. This will allow users to control conditions of growing less popular vegetables and fruits without taking additional complicated actions. Furthermore, it will allow them to manage the cultivation of more plants at the same time, which will affect the increase in food production. Measuring the amount of water consumption will enable to control of the water demand online and will make it easier to set the frequency of refilling the water tank or to properly select its size in case of absence.

## **7. The subsidies**

The development of a system monitoring the growing conditions of potted plants and a web application to manage it, which were presented in the chapter, is one of the activities undertaken as part of the project “TeamWEB rozwija kompetencje miękkie”, i.e. “TeamWEB develops soft skills”. The aim of the project is to develop the broadly understood communication skills in English of the members of the Science Club of Information and Multimedia Technologies TeamWEB, which are necessary for promoting the results of work in the international arena. As part of the project, members of the club participated in workshops developing the ability to write scientific articles in English,

public speaking skills in English, and the skills of conducting promotional activities on the Internet in English, with particular emphasis on social media. In addition, they participated in an international symposium and conferences presenting the development work carried out by members of the science club. In addition, they prepared and published materials promoting the created application on the Internet.

Project “TeamWEB develops soft skills” is funded by the Minister of Education and Science from the state budget under the program “Student science clubs create innovations” (No SKN/SP/535136/2022).

## References

1. Bąbol M., Miłosz M.: *Zagrożenia i ochrona aplikacji internetowych*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2014.
2. Buraczyńska B.: *Wybrane aspekty zarządzania bezpieczeństwem sklepów internetowych*, [w:] *Wyniki badań interdyscyplinarnych w aspekcie edukacji techniczno-informatycznej i bezpieczeństwa*, ed. M. Śniadkowski, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2020, p. 69–79.
3. Chen J., Heath R.: *Web Application Development Methodologies*, ed. Woojong S.: *Web Engineering: Principles and Techniques*, Idea Group Publishing, 2005.
4. Elmasri R., Navathe S.B.: *Wprowadzenie do systemów baz danych*, Helion, Gliwice 2019.
5. Henderson C.: *Building Scalable Web Sites. Building, Scaling, and Optimizing the Next Generation of Web Applications*, Helion, Gliwice 2012.
6. Kęsik J., Żyła K.: *Technologie MDE w projektowaniu aplikacji internetowych*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2011.
7. Lin C-L., Huang Y-H.: *The Application of Adaptive Tolerance and Serialized Facial Feature Extraction to Automatic Attendance Systems*, „Electronics” 2022, 11(14): 2278.
8. Miłosz M.: *Aplikacje internetowe – od teorii do praktyki*, Wyd. Polskie Towarzystwo Informatyczne, Warszawa 2008.
9. Miłosz M.: *Ukryte koszty systemów informatycznych*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” 2004, nr 3, rok LV, p. 72–78.
10. Miłosz M., Miłosz E.: *Hidden Costs of IT Skills Ignorance*, „Vilnius University, Information Sciencies” 2005, vol. 34, p. 30–34.
11. Paśnikowska-Łukaszuk M., Urzędowski A.: *Użyteczność darmowych aplikacji webowych i mobilnych w przygotowywaniu grafik komputerowych oraz wizualizacji informacji w projektach*, [w:] *Wspomaganie komputerowe*

- w *dydaktyce*, ed. Śniadkowski M., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2021, p. 117-126.
12. Staniszewski M., Rębacz M., Organista E., Kołodyński A., Buraczyńska B.: *Gardens of the Future – the Internet of Things in Managing Home Crop*, [w:] Współczesne problemy prawa, zarządzania, bezpieczeństwa i nowoczesnej inżynierii, red. Katarzyna Huczek, Magdalena Ścigała, Justyna Żylińska, Krzysztof Gawkowski, Patryk Przybylski, Wydawnictwo Uczelni Techniczno-Handlowej im. Heleny Chodkowskiej, Warszawa 2023, s. 534-548.
  13. Wielgosik D.: *Moja pierwsza strona internetowa w HTML5 i CSS3*, 2019.
  14. Żebruń K.: *Czym jest PHP i dlaczego warto, by było jak najaktualniejsze*, <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/co-to-jest-php-dlaczego-powinno-kotore-aktualizowane.html>, [available: 02.02.2023].
  15. *Common web application architectures*, <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/common-web-application-architectures> [available: 02.02.2023].
  16. <https://www.ruby-lang.org/pl/about/> [available: 02.02.2023].
  17. <https://www.w3schools.com/js/> [available: 02.02.2023].
  18. <https://www.w3schools.com/php/> [available: 02.02.2023].
  19. *Aplikacje mobilne do pielęgnacji roślin*, <https://plantastick.eu/wiedza/aplikacje-mobilne-do-pielegnacji-roslin/> [available: 03.03.2023].
  20. *Aplikacje na telefon, które pomogą Ci w dbaniu o rośliny doniczkowe*, <https://www.interaktywna.pl/styl-zycia/dom/aplikacje-na-telefon-kotore-pomoga-ci-w-dbaniu-o-rosliny-doniczkowe> [available: 03.03.2023].
  21. <https://www.gardena.com/pl/produkty/nawadnianie/automatyczna-konewka/> [available, 03.03.2023].
  22. <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.plantnet> [available: 04.03.2023].
  23. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.conceptivapps.blossom> [available: 04.03.2023].
  24. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.ar.lens> [available: 04.03.2023].
  25. <https://fruitscout.ai/> [available: 04.03.2023].
  26. <https://www.agremo.com/products/crop-monitoring/> [available: 04.03.2023].



### **Aplikacja internetowa do zarządzania systemem monitorującym warunki uprawy roślin doniczkowych**

Współcześnie do rozwiązywania problemów technicznych oraz wprowadzania innowacji wykorzystuje się aplikacje internetowe. Pozwalają one lepiej wykorzystać możliwości tworzonych systemów i wspomagają proces zarządzania nimi. W ramach realizacji projektu „TeamWEB rozwija kompetencje miękkie” członkowie koła zbudowali system do monitorowania warunków uprawy roślin doniczkowych. Stworzenie aplikacji internetowej do zarządzania nim pozwoli wykorzystywać go przez osoby, które nie posiadają wiedzy ogrodniczej oraz użytkowników nieposiadających dużych umiejętności technicznych (w tym obsługi komputera na zaawansowanym poziomie). W pracy przedstawiono projekt aplikacji internetowej, który obejmuje założenia projektowe, strukturę bazy danych, warstwę prezentacyjną aplikacji oraz wybrane algorytmy. Uzasadniono dobór zastosowanych rozwiązań informatycznych oraz wskazano ich zalety i ograniczenia. Opisano możliwe w przyszłości prace rozwojowe nad aplikacją.

**Słowa kluczowe:** aplikacja internetowa, zarządzanie układem, uprawa roślin, baza danych

### **The Web Application for Managing the System Monitoring the Growing Conditions of Potted Plants**

Today, Internet applications are used to solve technical problems and introduce innovations. They allow better use of the capabilities of the created systems and support the process of their management. As a part of the project „TeamWEB develops soft skills” members of the science club built a system for monitoring the conditions of growing potted plants. Creating a web application to manage it will allow it to be used by people who do not have gardening knowledge and users who do not have high technical skills (including computer skills at an advanced level). This chapter presents the web application project, which includes design assumptions, the description of its functionality, database structure, selected algorithms, and the application presentation layer. The selection of the applied IT solutions was justified and their advantages and limitations were indicated. Possibility of the future development work on the application was described.

**Keywords:** web application, system management, plants cultivation, database

# Możliwości zastosowania wybranych środków pochodzenia naturalnego do barwienia wyrobów z materiałów drzewnych

ROZDZIAŁ

7

Aleksandra Kwasowiec | Politechnika Lubelska

Mirosław Malec | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

W przemyśle zajmującym się produkcją farb zauważa się dążenie do wyeliminowania z ich składu wszystkich substancji toksycznych mogących wywoływać alergie. Dlatego temat barwienia drewna barwnikami pochodzenia naturalnego jest aktualny i cały czas rozwijany. Farby nie mogą być szkodliwe dla zdrowia zarówno osób zajmujących się ich produkcją, jak i je użytkujących. W przypadku barwienia elementów zabawek drewnianych niedopuszczalne jest, aby były pokryte powłoką syntetyczną lub taką, która przy kontakcie ze śliną zmieniałaby swoje właściwości i przyczyniła do zatrucia lub uszczerbku na zdrowiu. Dlatego barwniki pochodzenia roślinnego stanowią bardzo ważny element m.in. w przemyśle zajmującym się produkcją zabawek i mebli, zwłaszcza tych przeznaczonych do umieszczenia w pokoju dziecięcym lub bawialni.

Drewno jest surowcem, który zawsze odgrywał ważną rolę w życiu człowieka. Jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych i najstarszym surowcem świata. Znajduje wiele zastosowań w różnych dziedzinach. Właściwości i szlachetny wygląd sprawiają, iż drewno jest materiałem chętnie stosowanym w budownictwie i do wykańczania wnętrz mieszkalnych, a także w meblarstwie do produkcji przedmiotów domowego użytku oraz produkcji zabawek. W zależności od przeznaczenia stosuje się różne techniki obróbki oraz wykorzystuje się różne rodzaje drewna. Każdy gatunek drewna ma szczególne właściwości, takie jak wytrzymałość, trwałość i barwę. Określa to różnorodność zastosowań tego surowca [4, 7, 9, 11]. Drewno dzieli się na drewno z drzew iglastych i drewno z drzew liściastych. Drewno

z drzew iglastych jest to drewno miękkie, pochodzące z drzew iglastych, zwykle ma niską gęstość. Zazwyczaj ma barwę jasną, od żółtej do brązowo-czerwonej. Jego struktura jest dobrze widoczna, co jest wynikiem kontrastu między drewnem wczesnym i późnym. Ponieważ jego struktura jest jednorodna, jest ono często wykorzystywane w meblarstwie. Drewno drzew iglastych jest miękkie i zazwyczaj łatwe w obróbce [11]. Drewno z drzew liściastych jest to drewno twarde pochodzące i zwykle ma wysoką gęstość. Często jest bardziej trwałe od drewna iglastego. Wykazuje także duże zróżnicowanie kolorystyczne, w usłojeniu i w fakturze. Zazwyczaj jest wykorzystywane w budownictwie oraz do wyrabiania sprzętów. Sękata, błyszcząca, pożyłkowana powierzchnia sprawia, że jest to doskonały materiał dekoracyjny. Drewno drzew liściastych jest twarde i trudniejsze w obróbce niż drewno pochodzące z drzew iglastych [11].

## **2. Barwienie drewna – wybrane wiadomości**

Drewno jest materiałem narażonym na takie niebezpieczeństwa jak: zawilgocenie, grzyby, insekty. Dlatego konserwacja jest bardzo ważna, by przedłużyć czas eksploatacji elementów wykonanych z drewna. Początkowo do zabezpieczenia drewna przed wilgocią stosowano smołę, później także obróbkę chemiczną przy użyciu chlorku rtęci lub arsenu. Były to substancje szkodliwe dla zdrowia i mogące powodować zanieczyszczenie środowiska.

Proces barwienia powierzchni drewnianej przebiega w następujący sposób:

### **1. Przygotowanie powierzchni do barwienia.**

Przygotowanie powierzchni polega na dokładnym oszlifowaniu powierzchni. Najczęściej szlifuje się trzykrotnie papierem ściernym o różnej gradacji. Szlifowanie można przeprowadzać na sucho lub na mokro. Po szlifowaniu na mokro przy użyciu wody elementy należy starannie spłukać i pozostawić do wyschnięcia na od 12 do 24 godzin. Po szlifowaniu powierzchnia powinna być równa, bez zadraśnień i wgłębień. Proces szlifowania jest niezbędny, ponieważ dzięki temu po zabarwieniu włókna drewna nie utworzą szorstkiej powierzchni o nieestetycznym wyglądzie, a rozprowadzenie barwnika na powierzchni będzie prostsze [9, 10, 16].

## 2. Przygotowanie roztworów, które będą wykorzystane do procesu barwienia.

Przygotowanie roztworów barwiących polega na rozpuszczeniu odpowiedniej ilości składników w określonej ilości rozpuszczalnika zgodnie z wybraną recepturą. Wodne roztwory przygotowuje się poprzez rozpuszczenie barwnika w gorącej wodzie, posiadającej temperaturę wynoszącą powyżej 80°C. Następnie po ostudzeniu dodaje się pozostałe składniki i otrzymany preparat przepuszcza się przez sito lub gazę. W przypadku stosowania jako rozpuszczalnik cieczy organicznych barwniki rozpuszcza się na zimno [9, 10, 16].

## 3. Nanoszenie roztworów.

Proces nanoszenia roztworu barwiącego można przeprowadzać ręcznie lub mechanicznie [2, 6]. Do ręcznego nanoszenia roztworów stosuje się zazwyczaj pędzle, gąbki, pistolet natryskowy. W przypadku nanoszenia roztworu przy pomocy pędzla lub gąbki roztwór nanosi się obficie przy znacznym nacisku. Roztwór rozprawdza się w obu kierunkach, to jest wzdłuż i w poprzek włókien. Nadmiar roztworu usuwa się suchym pędzlem lub gąbką. Następnie zabarwione powierzchnie odkłada się do wyschnięcia, zazwyczaj w pozycji poziomej. W przypadku konieczności barwienia płaszczyzn pionowych nanoszenie roztworu zaczyna się od dołu i prowadzi ku górze, stopniowo nasycając w ten sposób powierzchnię [9, 10, 16].

## 4. Suszenie barwionych powierzchni.

Proces ten zależy od rodzaju zastosowanego rozpuszczalnika i w normalnych warunkach, w temperaturze nieprzekraczającej 25°C, czas suszenia wynosi do 6 godzin [16].

## 5. Wygładzanie barwionych powierzchni.

Do wygładzania zabarwionej powierzchni stosuje się sztywne szczotki z włosia lub trawę morską. Czynności te przeprowadza się ręcznie lub mechanicznie. Nie należy stosować w tym celu papieru ściernego, ponieważ barwnik wnika na małą głębokość i mogłoby to skutkować zepsuciem efektu barwienia [16].

Powierzchnie przedmiotów można barwić następującymi sposobami [14]:

- technika kąpielowa, poprzez zanurzanie w odpowiedniej kąpieli barwiącej,
- poprzez nanoszenie roztworu barwiącego na powierzchnię przedmiotu przy pomocy pędzla, szczotki, wałka, tamponu lub przez natrysk,

Do najczęściej stosowanych metod należą: nanoszenie ręczne oraz poprzez natrysk [16].

### **Nanoszenie ręczne**

Do ręcznych metod nanoszenia materiałów malarskich na powierzchnię drewna zalicza się:

- Nanoszenie pędzlem.

Jest to często stosowana metoda nanoszenia materiałów malarskich. Nanoszenie pędzlem można stosować do nanoszenia powłok malarskich, gruntowania, końcowego nanoszenia lakierów i emalii. Pędzle wykonywane są ze szczeciny świńskiej lub sierści oraz z włókien syntetycznych [16].

- Nanoszenie tamponem.

Metodę tę stosuje się głównie do politurowania. Tampony przeznaczone do politurowania zazwyczaj są wykonane z puszystej waty nieulegającej zbyt szybkiemu zbijaniu, owiniętej gęstym płótnem. Politurę wlewa się do zwitka waty, następnie zwija się płótnem. Politura powinna przesączać się na zewnątrz przy nacisku na tampon [16].

- Nanoszenie wałkiem.

Metoda stosowana często w przypadku malowania dużych powierzchni. Do malowania wałkiem nadają się farby olejne, olejno-żywiczne, klejowe oraz emulsyjne [16].

## **2.1. Barwienie i przykłady barwników naturalnych**

Barwieniem drewna nazywa się „zmianę naturalnego koloru drewna bez zakrycia jego struktury” [9]. Barwienie stanowi jeden z etapów wykończenia powierzchni.

Barwę zapewniają pigmenty. Występują one zwykle w postaci proszku.

Wyróżnia się następującą klasyfikację pigmentów 1:

- organiczne – substancje zawierające węgiel [1],
- nieorganiczne – substancje oparte na innych pierwiastkach, zwykle mineralnych, a w tym metalu i krzemianach [1],
- naturalne – substancje produkowane w wyniku naturalnych procesów zachodzących na planecie [1],
- syntetyczne – substancje wyprodukowane na skutek wynalazku człowieka. Zazwyczaj w wyniku ludzkiej pomysłowości w łączeniu

poszczególnych związków celem naśladowania danych właściwości materiałów naturalnych [1].

### Przyczyny barwienia drewna

Drewno można barwić w celu dekoracyjnym, by zmienić jego naturalną barwę lub by uwydatnić piękno powierzchni i zwiększyć widoczność sło-  
jów. W przypadku barwienia elementów zabawek drewnianych zmianę  
barwy powierzchni stosuje się, by zwiększyć atrakcyjność przedmiotów  
i urozmaicić zabawę. Także by wspomóc naukę nazw kolorów i zwięks-  
zyć ilość bodźców.

Dzięki temu dziecko nie tylko poznaje kształty, ale też i kolory. Powodem barwienia może być także chęć zakrycia wad powierzchni, takich jak przebarwienia, zabrudzenia lub „przebicia” kleju [9, 10].

## 2.2. Metody wytwarzania farb ze składników naturalnych

Do barwienia materiałów, skóry, drewna, papieru, od dawna stosowano  
roślinne, zwierzęce i mineralne barwniki naturalne. Wykorzystywano  
także produkty spożywcze, które stosowano również do wyrobu farb  
lub kosmetyków [8]. Rysunek 1 przedstawia wzornik naturalnego bar-  
wienia autorstwa członków Grupy Odtwórstwa Historycznego „Dru-  
żyny Grodów Czerwieńskich”.



Rys. 1. Wzornik naturalnego barwienia autorstwa członków Grupy Odtwórstwa Historycznego „Drużyny Grodów Czerwieńskich”

Źródło: wszystkie zdjęcia w artykule zostały wykonane przez autorów artykułu.

## Sposób przygotowania odwaru z materiału roślinnego [8]

1. Przed gotowaniem materiał roślinny należy odpowiednio przygotować, tj. zerwać owoce z gałązek, listki i łodygi pokroić na małe kawałki, natomiast twarde materiały, takie jak kora, korzenie szyszki, posiekać i zalać ciepłą wodą.
2. Masę gotuje się w garnku tak długo, dopóki wszystko się nie rozgotuje, a intensywność koloru mieszaniny nie przestanie się zwiększać. Podczas gotowania masy nie należy zapominać o regularnym mieszaniu, aby uniknąć przypalenia się mieszaniny.
3. Po dostatecznie długim czasie gotowania zawartość garnka należy odstawić do wystygnięcia. Następnie wywar należy przefiltrować przez sito. Podczas przefiltrowywania należy pamiętać o uprzednim założeniu rękawic, by uniknąć zabarwienia skóry dłoni. Odwar można przechowywać w zamkniętym słoiku, w chłodnym i ciemnym miejscu, maksymalnie kilka dni.

Odczynniki, które mogą wpłynąć na intensywność barwy [8]: ocet, sok z cytryny, ałun, sole metali.

Niektóre przykłady barwników roślinnych [2, 3, 5, 8, 12, 13, 15, 17, 18]:

- Barwniki farbujące na kolor żółty: kurkuma – barwnik występujący w kłączach *Curcuma longa*, używany do produkcji przypraw, liście brzozy, suche łuski cebuli, kłącza rdestu wężownika, skrzyp polny.
- Barwniki farbujące na kolor brązowy: kawa, czarna herbata, henna, łupiny orzecha włoskiego, kora dębu, kora wierzby.
- Barwniki farbujące na kolor zielony: koper z dodatkiem siarczynu miedzi lub Siarczynu żelaza, pokrzywa.
- Barwniki pozwalające na uzyskanie barwy niebieskiej do fioletowej: jagody,
- borówka, owoce ligustru, owoce czarnego bzu, owoce tarniny.
- Barwniki farbujące na kolor czerwony: kłącza i korzenie marzanny barwierskiej, czerwone łodygi pokrzywy zebrane jesienią, owoce tarniny, borówka – czarna jagoda, czarny dziki bez.

### 3. Badania i ich opis oraz uzyskane wyniki

Próbki badawcze wykonano z kantówki drewnianej z następujących gatunków drewna: świerk klasa AB, sosna klasa A, dąb klasa AB, buk klasa AB. Do badań łącznie przygotowano po 25 próbek o wymiarach  $5 \times 10 \times 1$  cm oraz próbki o wymiarach  $1 \times 10 \times 1$  cm dla każdego z czterech gatunków drewna: dąb, buk, sosna i świerk (Rys. 2). Przy czym z każdego gatunku pozostawiono 1 próbkę drewna niepomalowaną, by możliwe było porównanie barwy powierzchni. Cztery próbki z każdego z wybranych gatunków drewna zabarwiono badanym barwnikiem. Liczba przygotowanych barwników wyniosła 6. Tak przygotowany materiał badawczy poddano badaniom zgodnie z przyjętymi przez autorów pracy założeniami eksperymentu badawczego.



Rys. 2. Próbki drewna przeznaczone do badań: dąb, buk, świerk, sosna

#### 3.1. Receptury, według których zostały przygotowane materiały do barwienia

Barwniki pochodzenia naturalnego, którymi w kolejnych krokach eksperymentu badawczego będą pokryte próbki, zostały wykonane według autorskich receptur stworzonych na podstawie wywiadów ze starszymi osobami pracującymi w gospodarstwach wiejskich oraz mającymi do czynienia z obróbką drewna, a także na podstawie badań literaturowych. W dalszej części badawczej pracy wzmiankowane pokrycia zostały poddane działaniu czynników destrukcyjnych celem określenia jakości otrzymanych pokryć barwiących pochodzących ze środków naturalnych.



### Receptura 1:

Kolor: jasny brąz (herbata)

Składniki:

- czarna herbata (50 torebek),
- woda.

Umieszczono herbatę w słoiku. Zalano wrzącą wodą. Pozostawiono do wystygnięcia. Następnie odcedzono przez sito. Rysunek 3 przedstawia próbki drewna zabarwione czarną herbata.



Rys. 3. Drewno zabarwione czarną herbata

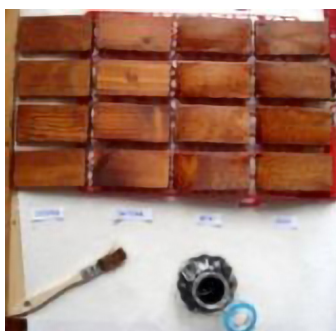
### Receptura 2:

Kolor: brąz (kawa)

Składniki:

- 100 ml wody,
- 3 łyżki stołowe kawy.

Kawę wsypano do słoika i zalano gorącą wodą o temperaturze powyżej 90°C. Następnie ostudzono i pozostawiono na 12 godzin w zakręconym słoiku. Następnie odcedzono przy pomocy sita. Tak przygotowany roztwór barwiący naniesiono na próbki drewna (Rys. 4).



Rys. 4. Próbkki drewna zabarwione kawą

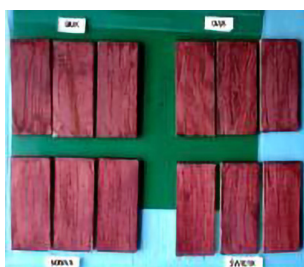
### Receptura 3:

Kolor: fiolet

Składniki:

- 50 g suszonych owoców borówki czernicy,
- 250 ml wody,
- 5 ml octu,
- 5 ml soku z cytryny,
- pół łyżeczki soli.

Wsypano suszone owoce borówki czernicy do garnka. Zalano wodą i gotowano, cały czas mieszając przez 30 minut. W międzyczasie dodano sok z cytryny i pół łyżeczki soli. Aby owoce się nie przypaliły, dodawano wody, gdy się wygotowała. Następnie odstawiono do wystudzenia. Po wystygnięciu odcedzono przez sito. Dodano 5 ml octu. Rysunek 5 przedstawia drewno zabarwione barwnikiem przygotowanym z suszonych owoców borówki czernicy.



Rys. 5. Drewno zabarwione barwnikiem przygotowanym z suszonych owoców borówki czernicy

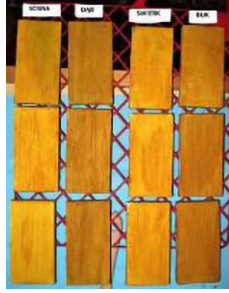
### Receptura 4:

Kolor: żółty

Składniki:

- 80 ml oleju lnianego,
- 80 ml wody,
- 1 jajko,
- 2 łyżki stołowe kurkumy.

W misce umieszczono jajko i przygotowany olej lniany. Oba składniki wymieszano razem przy pomocy trzepaczki drucianej. Następnie powoli dolewano wody, mieszając składniki. Do innego naczynia wsypano kurkumę i do niej w kolejnym kroku powoli wlewano roztwór, dokładnie go mieszając, aż do uzyskania gładkiej masy. Rysunek 6 przedstawia próbki drewna zabarwione farbą olejną z kurkumą.



Rys. 6. Drewno zabarwione farbą olejną z kurkumą

### Receptura 5:

Kolor: zielony

Składniki:

- Kilka (ok. 10) gałązek świeżej pokrzywy
- Woda

Pokrzywę umieszczono w garnku i zalano wodą. Całość gotowano 20 minut. Następnie otrzymany preparat wystudzono i pozostawiono na 12 godzin, i po tym czasie przepuszczono przez sito otrzymując materiał do wymalowań. Rys. 7 przedstawia próbki drewna barwione gotowym odwarem z pokrzywy.



Rys. 7. Proces barwienia drewna gotowym odwarem z pokrzywy

### Receptura 6:

Kolor: różowy

Składniki:

- 3 buraki
- Woda
- 5 ml soku z cytryny
- 5 ml octu

Starte buraki zostały umieszczone w garnku i zalane wodą. Dodano sok z cytryny. Następnie całość gotowano przez około 45 minut

do zmięknięcia buraków. Po ostudzeniu i odczekaniu 6 godzin preparat odcedzono przez sito i dodano do niego 5 ml octu. Rysunek 8 przedstawia proces nanoszenia barwnika na powierzchnię próbek drewnianych.



Rys. 8. Proces nanoszenia barwnika na powierzchnię próbek drewnianych

### 3.2. Opis procesu nanoszenia otrzymanych barwników

Przed przystąpieniem do procesu barwienia próbek drewnianych należało uprzednio przygotować powierzchnie do naniesienia roztworu barwiącego. W tym celu powierzchnie próbek poddano operacji szlifowania przy pomocy papierów ściernych o różnej gradacji celem jej wyrównania oraz oczyszczenia z ewentualnych zabrudzeń powstałych w procesie wytwórczym. Po tym procesie próbki oczyszczono pędzlem i odkurzaczem oraz szmatką z pozostałości luźnych cząstek pyłu drewnianego. Roztwór barwiący nanoszono przy pomocy pędzla. W celu uzyskania większej intensywności barwy powłokę malarską nanoszono trzykrotnie w odstępach wynoszących do 12 godzin między nanoszeniem każdej kolejnej warstwy.

### 3.3. Badanie jakości otrzymanych powłok malarskich pochodzenia naturalnego

Próbki drewna po pokryciu roztworem barwiącym poddano ekspozycji na różne warunki atmosferyczne celem zbadania odporności powłok barwiących na te warunki. W ramach niniejszej pracy założono następujące czynniki destrukcyjne: oddziaływanie bezpośrednie promieni słonecznych, opady deszczu, mróz (to jest temperatura poniżej  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Pewna część próbek badawczych została umiejscowiona wewnątrz mieszkania, w temperaturze pokojowej wynoszącej  $22^{\circ}\text{C}$ , aby możliwe było dokonanie porównania jakości wymalowań. Eksperyment badawczy przeprowadzono w maju i czerwcu 2020 roku. W każdej próbce badawczej mierzona była z zastosowaniem wilgotnościomierza STIHL® 0464-802-0010

wilgotność próbek przed naniesieniem powłoki malarskiej oraz po zakończeniu eksperymentu dla danego oddziaływania. W celu określenia intensywności koloru przyjęto następującą punktację (Tab. 1).

Tab. 1. Skala intensywności koloru

Punktacja	Znaczenie
◆◆◆◆	największa zachowana intensywność barwy
◆◆◆	intensywność barwy zachowana w dużym stopniu
◆◆	intensywność barwy zachowana w średnim stopniu
◆	intensywność barwy zachowana w małym stopniu
◆	najmniejsza zachowana intensywność barwy

Źródło: opracowanie własne.

## Przebieg badań, wyniki i ich analiza

### 3.3.1. *Badanie odporności powłoki barwiącej na bezpośrednie oddziaływanie promieni słonecznych*

Próbki badane pod kątem odporności na promienie słoneczne były umieszczane na zewnątrz w obszarze największego nasłonecznienia w azymucie południowym (Rys. 9). Ekspozycja na promieniowanie słoneczne wynosiła minimum 8 godzin dziennie przez cały okres trwania eksperymentu. W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań z tego eksperymentu badawczego.

Badanie odporności barwników na promienie słoneczne, podczas bezpośredniej ekspozycji na nie, nie było ciągła, ponieważ było zależna od panujących warunków atmosferycznych. Oznacza to, że w czasie braku emisji promieni słonecznych badanie nie było prowadzone. Podczas trwania eksperymentu stwierdzono, iż intensywność barwy próbek znacznie się zmniejszyła (Tab. 2). Największy spadek intensywności barwy odnotowano w przypadku próbek zabarwionych odwarem z buraków. Natomiast najmniejszą utratę intensywności barwy stwierdzono w przypadku próbek zabarwionych kawą oraz próbek zabarwionych czarną herbatą. Pozwala to stwierdzić, iż w większości przypadków barwniki otrzymane ze składników naturalnych nie są odporne na promieniowanie słoneczne, przy czym jednak barwnik otrzymany z czarnej herbaty zachowuje trwałość i intensywność barwy w największym stopniu w stosunku do innych użytych w badaniach barwników w warunkach założonego, przez autorów pracy, eksperymentu badawczego.



**Rys. 9.** Widok próbek badawczych podczas ekspozycji na bezpośrednie działanie promieni słonecznych: 1 – próbki zabarwione czarną herbata, 2 – próbki zabarwione odwarem z pokrzywy, 3 – próbki zabarwione farbą olejną z kurkumą, 4 – próbki zabarwione odwarem z suszonych owoców borówki czernicy, 5 – próbki zabarwione odwarem z buraków, 6 – próbki zabarwione kawą

**Tab. 2.** Badanie odporności powłoki barwiącej na bezpośrednie oddziaływanie promieni słonecznych

Nr próbki	Rodzaj drewna	Kolor	Zastosowany barwnik	Warunki	Obserwacje		
					Wilgotność [%]	Intensywność barwy	
						Po upływie 30 dni	Po zabarwieniu
2	dąb	jasny brąz	czarna herbata	słońce	0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
62	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
182	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
122	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
8	dąb	fiolet	suszone owoce borówki czernicy		12	♦♦♦♦♦	♦♦♦
68	buk				12	♦♦♦♦♦	♦♦♦
188	sosna				13	♦♦♦♦♦	♦♦♦
128	świerk				12	♦♦♦♦♦	♦♦♦
5	dąb	żółty	kurkuma		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
65	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
185	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
125	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
13	dąb	różowy	buraki		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
73	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦
193	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦
133	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦
17	dąb	zielony	pokrzywa		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
80	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
197	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
140	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦
21	dąb	brąz	kawa		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
81	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
201	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
141	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦

Źródło: opracowanie własne.

### 3.3.2. Badanie odporności powłoki barwiącej podczas bezpośredniej ekspozycji na opady deszczu

Próbki badane pod kątem badania odporności wymalowań na opady deszczu były umieszczone na zewnątrz podczas opadów (Rys. 10). Okres ekspozycji na opady deszczu był uzależniony od obecności opadów deszczu i wynosił najczęściej 2 godziny lub dłużej każdego dnia, w którym występowały opady deszczu. W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań z tego eksperymentu badawczego.



**Rys. 10.** Widok próbek badawczych podczas badania odporności barwników na opady deszczu: 1 – próbki zabarwione odwarem z buraków, 2 – próbki zabarwione odwarem z pokrzywy, 3 – próbki zabarwione odwarem z suszonych owoców borówki czernicy, 4 – próbki zabarwione czarną herbatą, 5 – próbki zabarwione kawą, 6 – próbki zabarwione farbą olejną z kurkumą

Badanie odporności barwników na opady deszczu, podczas bezpośredniej ekspozycji na te warunki, nie było ciągłe, ponieważ było zależne od panujących warunków atmosferycznych. Oznacza to, że w przypadku braku promieni słonecznych badanie nie było prowadzone. Dlatego pomiaru wilgotności dokonywano po ekspozycji na deszcz, tj. po 2 godzinach, po 12 godzinach trwania opadów oraz po zakończeniu eksperymentu, tj. po 30 dniach. Po 2 godzinach bezpośredniej ekspozycji na deszcz wilgotność próbek badawczych wzrosła średnio od 12% do 20%. Po 12 godzinach bezpośredniej ekspozycji na deszcz wilgotność wzrosła średnio od 20% do 30% w porównaniu z poziomem wilgotności zbadanym na początku eksperymentu. Po eks-

pozycji bezpośrednio na opady deszczu, wynoszącej 12 godzin, zauważono znaczny spadek intensywności koloru naniesionych roztworów barwiących. Podczas przeprowadzonych badań zaobserwowano, iż intensywność barwy spadała wraz ze wzrostem intensywności opadów deszczu (Tab. 3). Opady deszczu powodowały wypłukiwanie barwnika z powierzchni drewna. Dlatego po zakończeniu eksperymentu trwającego 30 dni stwierdzono, iż intensywność zabarwienia spadła o ponad 50% w porównaniu ze stanem na początku badań. Pozwala to stwierdzić, iż wymalowania z barwników naturalnych zastosowane w badaniach nie wykazują odporności na bezpośrednią ekspozycję opadów deszczu oraz że w celu zwiększenia trwałości powłoki należałoby zastosować dodatkowo lakierowanie.

Tab. 3. Badanie odporności powłoki barwiącej na opady deszczu

Nr próbki	Rodzaj drewna	Kolor	Zastosowany barwnik	Warunki	Observacje					
					Wilgotność [%]			Intensywność barwy		
					Po 2h	30 dnia badań, po 2h opadów deszczu w trakcie trwania opadu	Po upływie 30 dni (ekspozycja na deszcz nie była ciągła)	Po zabarwieniu	Po 2h opadów deszczu	Po upływie 30 dni
3	dąb	jasny brąz	czarna herbata	deszcz	9	26	21	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
63	buk	jasny brąz	czarna herbata	deszcz	14	36	35	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
183	sosna				12	35	33	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
123	świerk				12	37	23	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
9	dąb	fiolet	suszony owoc borówki czarnej	deszcz	20	32	24	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
69	buk	fiolet	suszony owoc borówki czarnej		17	38	20	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
189	sosna				21	37	18	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
129	świerk				26	26	17	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
6	dąb			żółty	kurkuma	25	32	24	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
66	buk	żółty	kurkuma	deszcz	18	33	30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
186	sosna				17	36	25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
126	świerk				20	32	31	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
15	dąb	różowy	buraki	deszcz	24	32	30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
75	buk	różowy	buraki		22	37	30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
195	sosna				25	33	25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
135	świerk				27	29	20	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
19	dąb			zielony	pokrzywa	13	30	25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
78	buk	zielony	pokrzywa	deszcz	15	32	25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆
200	sosna				18	34	19	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
139	świerk				20	36	23	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
23	dąb	brąz	kawa	deszcz	14	32	30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
84	buk	brąz	kawa		16	29	30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
203	sosna				20	37	20	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆
143	świerk				20	30	22	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆

Źródło: opracowanie własne.

### 3.3.3. Badanie odporności powłoki barwiącej na działanie niskiej temperatury

Próbki badane pod kątem odporności na niską temperaturę były umieszczone w zamrażalce z powodu braku wymaganej dla eksperymentu ujemnej temperatury na zewnątrz. Próbki zostały poddane ciągłej ekspozycji na ujemną temperaturę wynoszącą poniżej -30°C (Rys. 11).





**Rys. 11.** Widok próbek badawczych podczas badania wpływu temperatury poniżej  $-30^{\circ}\text{C}$ : a) próbki zabarwione czarną herbata, b) próbki zabarwione odwarem z suszonych owoców borówki czernicy, c) próbki zabarwione farbą olejną z kurkumą, d) próbki zabarwione odwarem z buraków, e) próbki zabarwione odwarem z pokrzywy, f) próbki zabarwione kawą

Jak już wspomniano, z powodu braku wymaganych warunków atmosferycznych i odpowiedniej ujemnej temperatury postanowiono dokonać symulacji warunków zimowych. W tym celu umieszczono wybrane próbki drewna w stałej temperaturze wynoszącej  $-30^{\circ}\text{C}$  w zamrażalniku. Zaobserwowano, iż w stałej temperaturze ujemnej wynoszącej  $-30^{\circ}\text{C}$  intensywność barwy pozostała bez zmian (Tab. 4). Pomiaru wilgotności dokonano natychmiast po wyjęciu z zamrażalnika. Czarna herbata – wzrost wilgotności średnio o 18,25%. Suszone owoce borówki – wzrost wilgotności średnio o 28,75%. Kurkuma – wzrost wilgotności średnio o 14,25%. Buraki – wzrost wilgotności średnio o 25,5%. Pokrzywa – wzrost wilgotności średnio o 13,75%. Kawa – wzrost wilgotności średnio o 28,75%. Zauważono, iż w przy-

padku próbek drewna zabarwionych odwarem z suszonych owoców borówki czernicy wzrost wilgotności był największy. Natomiast najmniejszy wzrost wilgotności odnotowano w przypadku próbek drewna zabarwionych odwarem z pokrzywy. Wzrost wilgotności w obrębie badanych gatunków drewna kształtował się w tym eksperymencie następująco: dąb – wzrost wilgotności średnio o 22%. Buk – wzrost wilgotności średnio o 23%. Sosna – wzrost wilgotności średnio o 19%. Świerk – wzrost wilgotności średnio o 22%. Pozwala to stwierdzić, iż średnio wzrost wilgotności badanych barwionych próbek drewna wyniósł w przybliżeniu 21,5%.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki badań z tego eksperymentu badawczego.

Tab. 4. Badanie odporności powłoki barwiącej na temperaturę poniżej -30°C

Nr próbki	Rodzaj drewna	Kolor	Zastosowany barwnik	Warunki	Obserwacje		
					Wilgotność [%]	intensywność barwy	
						Po upływie 30 dni	Po zabarwieniu
1	dąb	jasny brąz	czarna herbata	mroz (temperatura: -30°C)	22	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
61	buk				18	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
181	sosna				17	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
121	świerk				16	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
7	dąb	fiolet	suszone owoce borówki czernicy		23	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
67	buk				32	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
187	sosna				25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
127	świerk				35	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
4	dąb	żółty	kurkuma		15	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
64	buk				16	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
184	sosna				14	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
124	świerk				12	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
14	dąb	różowy	buraki		25	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
74	buk				27	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
194	sosna				22	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
134	świerk				28	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
20	dąb	zielony	pokrzywa	13	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
77	buk			15	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
198	sosna			15	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
138	świerk			12	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
22	dąb	brąz	kawa	34	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
82	buk			30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
202	sosna			21	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	
142	świerk			30	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	

Źródło: opracowanie własne.

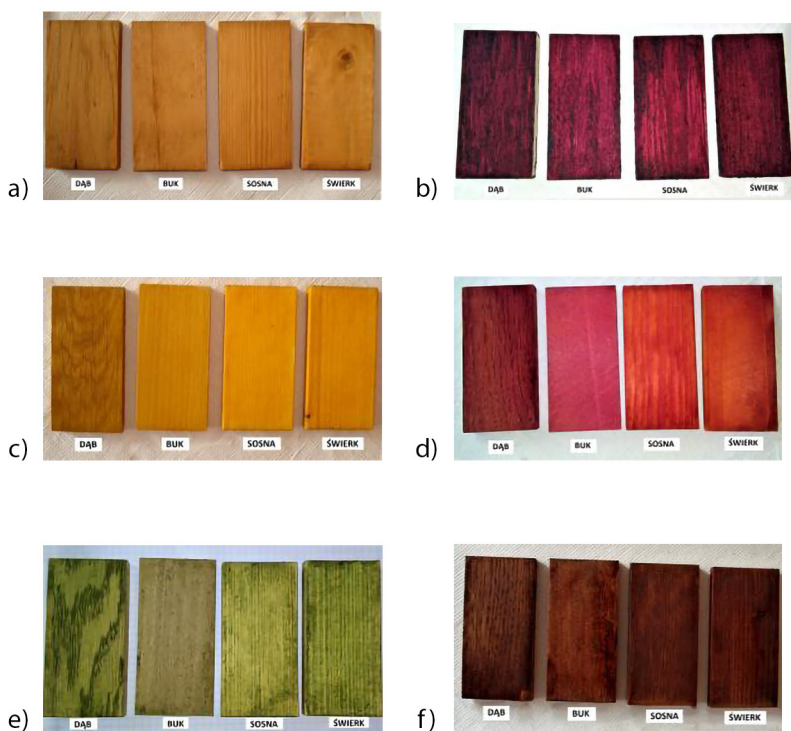
### 3.3.4. Badanie odporności wybarwienia powierzchni próbek przechowywanych w temperaturze pokojowej wynoszącej 22°C

Tab. 5. Badanie odporności barwionej powierzchni w temperaturze pokojowej wynoszącej 22°C

Nr próbki	Rodzaj drewna	Kolor	Zastosowany barwnik	Warunki	Observacje		
					Wilgotność [%]	Intensywność barwy	
						Po upływie 30 dni	Po zabarwieniu
10	dąb	jasny brąz	czarna herbata	temperatura pokojowa, warunki wewnętrzne	0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
70	buk				7	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
190	sosna				9	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
130	świerk				10	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
12	dąb	fiolet	suszone owoce borówki czernicy		12	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
72	buk				13	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
192	sosna				15	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
132	świerk				15	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
11	dąb	żółty	kurkuma		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
71	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
191	sosna				6	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
131	świerk				7	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
16	dąb	różowy	buraki		11	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
76	buk				12	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
196	sosna				14	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
136	świerk				14	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
18	dąb	zielony	pokrzywa		0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
79	buk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
199	sosna				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
137	świerk				0	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
24	dąb	brąz	kawa		8	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
83	buk				10	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
204	sosna				10	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦
144	świerk				11	♦♦♦♦♦	♦♦♦♦♦

Źródło: opracowanie własne.

Po przeprowadzeniu badań poziomu wilgotności na początku eksperymentu i po upływie 30 dni stwierdzono, iż wilgotność próbek w tym badaniu nie uległa zmianie. Zaobserwowano także, iż intensywność barw wymalowań nie uległa tak znaczącej zmianie, jak w przypadku ekspozycji na deszcz oraz światło słoneczne (Rys. 15). Pozwala to stwierdzić, iż w warunkach suchych i bez bezpośredniej ekspozycji na promienie słoneczne intensywność barw wymalowań otrzymanych w opisywanych badaniach jest trwalsza. Można stwierdzić dzięki temu, że barwienie drewna barwnikami pochodzenia naturalnego może znaleźć i znajduje znacznie więcej zastosowań do barwienia konstrukcji oraz elementów drewnianych przeznaczonych do użytku wewnątrz pomieszczeń.



**Rys. 15.** Widok próbek badawczych podczas badania odporności w temperaturze pokojowej wynoszącej 22°C: a) próbki zabarwione czarną herbatą, b) próbki zabarwione odwarem z suszonych owoców borówki czernicy, c) próbki zabarwione farbą olejną z kurkumą, d) próbki zabarwione odwarem z buraków, e) próbki zabarwione odwarem z pokrzywy, f) próbki zabarwione kawą

## 4. Podsumowanie

Badanie odporności na warunki atmosferyczne wymalowań przygotowanych z barwników pochodzenia naturalnego było ciekawym doświadczeniem, dzięki któremu możliwe było pogłębienie wiedzy na temat barwników naturalnych i ich właściwości oraz zastosowań. Barwniki roślinne są szerzej opisywane w przypadku farbowania tkanin natomiast, według naszego rozeznania, brakuje materiałów źródłowych w języku polskim traktujących wyłącznie o barwieniu drewna środkami pochodzenia naturalnego. Dlatego większość informacji na ten temat uzyskano ze stron internetowych i publikacji w języku angielskim. Opisany w artykule eksperyment badawczy rozpoczęto 11 maja, a zakończono 9 czerwca 2020 roku, trwał 30 dni. Do badań wykorzy-

stano próbki z czterech gatunków drewna: dębu, buku, sosny i świerku. Podczas trwania eksperymentu stwierdzono, iż zastosowane w badaniach, przygotowane zgodnie z zaprezentowanymi autorskimi recepturami, barwniki naturalne nie są odporne na bezpośrednie oddziaływanie promieniowania słonecznego i po 30 dniach ekspozycji na ten czynnik atmosferyczny intensywność barwy wszystkich wymalowań spadła. Największy spadek intensywności barwy odnotowano w przypadku bezpośredniej ekspozycji na opady deszczu. Po 2 godzinach bezpośredniej ekspozycji na deszcz wilgotność wzrosła dla wszystkich badanych próbek średnio od 12% do 20%. Natomiast najmniejszy spadek intensywności barwy stwierdzono w warunkach badawczych przy oddziaływaniu niskiej temperatury, w przypadku ekspozycji na temperaturę wynoszącą  $-30^{\circ}\text{C}$ . Zdaniem autorów opracowania jest to wynik umieszczenia materiału badawczego w komorze, w której symulowano warunki zimowe, ale jednocześnie ta zamknięta przestrzeń chroniła wymalowanie od czynników zewnętrznych, przyczyniając się w ten sposób do zachowania intensywności barwy. Ten obszar badań i zakres należy powtórzyć w warunkach naturalnego oddziaływania na materiał badawczy – próbki z wymalowaniami, tj. w okresie zimowym. W przypadku próbek badanych w temperaturze pokojowej wynoszącej  $22^{\circ}\text{C}$  spadek intensywności barwy był nieznaczny i był znacznie mniejszy niż w przypadku próbek poddanych na ekspozycję na oddziaływanie promieni słonecznych oraz próbek poddanych bezpośredniej ekspozycji na opady deszczu. Pozwala to stwierdzić, iż w temperaturze pokojowej wewnątrz pomieszczenia barwniki pochodzenia naturalnego użyte w eksperymencie badawczym zachowują intensywność koloru znacznie dłużej niż w warunkach panujących na zewnątrz. Stwierdzono także, iż barwnik uzyskany z czarnej herbaty zachował największą trwałość i intensywność barwy we wszystkich badanych warunkach spośród wszystkich użytych w badaniach barwników. Pozwala to stwierdzić, iż barwienie materiałów drzewnych czarną herbatą może znaleźć więcej zastosowań i może być także stosowane do barwienia drewna przeznaczonego do użytkowania na zewnątrz pomieszczeń. Kolor uzyskany z tego barwnika jest estetyczny, uwidacznia naturalne piękno drewna i może być stosowany w celach dekoracyjnych. Podczas eksperymentu stwierdzono także, iż w celu uzyskania intensywniejszego koloru należało nanieść kilka warstw roztworu barwiącego w odstępach wynoszących od 6 do 12 godzin.

Przy czym zaobserwowano, iż farby zawierające olej lniany schną znacznie wolniej od barwników uzyskanych z odwarów roślinnych.

Podsumowując, w wyniku przeprowadzonych badań dostrzeżono, iż środki barwiące pochodzenia naturalnego mogą współcześnie mieć wiele zastosowań w produkcji barwników przeznaczonych do barwienia drewna. Ze względu na nietoksyczność mogą być stosowane do barwienia przedmiotów codziennego użytku, takich jak uchwyty narzędzi, drewniane zabawki, meble i ich elementy oraz inne. Zauważono ponadto, iż barwniki naturalne znajdują więcej zastosowań do barwienia elementów drewnianych przeznaczonych do użytku wewnątrz pomieszczeń, ponieważ wtedy intensywność barwy zostanie zachowana znacznie dłużej niż w przypadku użytkowania na zewnątrz, gdzie byłyby narażone na długotrwałą ekspozycję na warunki atmosferyczne. Według autorów niniejszego opracowania korzystna byłaby kombinacja polegająca na połączeniu barwienia środkami naturalnymi z zastosowaniem na warstwę zewnętrzną materiału powłokotwórczego o cechach obojętnych dla zdrowia człowieka i przyjaznych dla środowiska. Pozwoliłoby to rozszerzyć gamę zastosowań barwienia środkami naturalnymi także na te konstrukcje i wyroby, które użytkowane są w zmiennych warunkach oddziaływań czynników atmosferycznych. Te zagadnienia w naszej ocenie powinny być przedmiotem kolejnych badań i opracowań.

## Literatura

1. Bernhardt M. i in.: *Mały poradnik mechanika*. Tom I, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994.
2. Edwards L., Lawless J.: *The natural paint book*, Rodale Books, Rodale 2002.
3. Izzo F.C., Zanin C., Van Keulen H.: *From pigments to paints: studying original materials from the atelier of the artist Mariano Fortuny y Madrazo*, „International Journal of Conservation Science” 2017, Volume 8, Issue 4, s. 547–564.
4. Kozłowski J.A., Wielgosz T., Nawrot J., Nowak G., Dawid-Pać R., Kuczyński S.: *Zielarnia. Jak czerpać ze skarbów natury*, Wydawnictwo Publicat, Poznań 2019.
5. Krach H.: *Chemia stosowana w drzewnictwie*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Łódź 1973.

6. Kwaśny J.R.: *Złota encyklopedia naszej babci: przewodnik praktyczny obejmujący przepisy, wskazówki i rady dotyczące gospodarstwa wszelkiego, rękodzieł, manufaktury i handlu dla wszystkich stanów na wsi i w mieście: z dzieł i podręczników swojskich i obcych różnych autorów*, Wydawnictwo MITEL, Gdynia 1991.
7. Łukomski M.: *Painted wood. What makes the paint crack?*, „Journal of Cultural Heritage” 2012, Volume 15, Issue 1, s. 90–93.
8. Nejezchlebová K.: *Zdobienie papieru*, Wydawnictwo RM, Warszawa 2005.
9. Polański J.: *Drewno moje hobby*, Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa 1988.
10. Potapowicz-Lewandowska A.: *Sam maluję metal i drewno*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1987.
11. Graella J. i in.red.: *Prace w drewnie*, Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa 2010.
12. Sloan A.: *Paint alchemy: recipes for making and adapting your own paint for home decorating*, Collins & Brown, 2001.
13. Jannasz J.: *Techniki malowania. Olej*, tł. Oborska M., Wydawnictwo MUZA, Warszawa 1997.
14. Teperek J.: *Encyklopedia domowa: 200 porad. Tom 1: Chemia na co dzień, elektrotechnika i elektronika, prace budowlano-remontowe, praktyka warsztatowa*, Wydawnictwo Edytor, Warszawa 1993.
15. Tuszyńska W.: *Farbowanie barwnikami naturalnymi*, Wydawnictwo „WATRA”, Warszawa 1986.
16. Tyszka J.: *Powierzchniowe uszlachetnianie wyrobów z drewna*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1975.
17. Hess, M., Bongaerts, J.C.: *Differences in Perception of the Environmental and Health Impacts of Decorative Paints among Average Consumers*, „Sustainability” 2020, 12, 4495. <https://doi.org/10.3390/su12114495>.

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Możliwości zastosowania wybranych środków pochodzenia naturalnego do barwienia wyrobów z materiałów drzewnych**

Artykuł opisuje barwienie drewna z zastosowaniem środków pochodzenia naturalnego w celu określenia wpływu warunków atmosferycznych na trwałość barwników naturalnych do drewna, w aspekcie ich praktycznego i bezpiecznego wykorzystania. W części badawczej pracy opisano przygotowanie próbek drewnianych zastosowanych w eksperymencie badawczym oraz ukazano autorskie receptury, według których przyrządzono barwniki. Zostały one następnie naniesione na uprzednio przygotowane powierzchnie próbek i poddane założonym badaniom jakości otrzymanych powłok malarskich. Zaprezentowano uzyskane wyniki badań oraz ich analizę. W podsumowaniu sformułowano wnioski odnośnie do odporności na warunki atmosferyczne i możliwości zastosowań badanych w pracy naturalnych materiałów barwiących do barwienia wyrobów z materiałów drzewnych.

**Słowa kluczowe:** barwienie, barwnik, drewno, malowanie, barwienie drewna, barwniki naturalne, warunki atmosferyczne

## **Possibilities of Using Selected Agents of Natural Origin for Dyeing Products Made of Wood Materials**

The article describes the dyeing of wood with the use of natural agents in order to determine the impact of weather conditions on the durability of natural wood dyes in terms of their practical use. The research part of the work describes the preparation of wooden samples used in the research experiment and shows the author's recipes according to which the dyes were prepared. They were then applied to the previously prepared surfaces of the samples and subjected to the assumed tests of the quality of the obtained paint coatings. The obtained research results and their analysis were presented. In the summary, conclusions were formulated regarding the resistance to weather conditions and the possibility of using the natural coloring materials tested in the work for coloring products made of wood.

**Keywords:** dyeing, dye, paint, wood, painting, wood dyeing, natural dyes, weather conditions





# Telefon komórkowy jako przyrząd do określenia poziomu hałasu w aspekcie bezpieczeństwa pracownika na stanowisku pracy

ROZDZIAŁ

8

Mateusz Chilimoniuk | Politechnika Lubelska

Mirosław Malec | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Człowiek niezależnie od wykonywanej pracy narażony jest niejednokrotnie na wiele czynników szkodliwych. Jednym z nich jest hałas, który w wielu przypadkach jest lekceważony przez ludzi, co w późniejszym czasie może mieć bardzo duży wpływ na ich zdrowie fizyczne oraz psychiczne. Osoby, które chcą sprawdzić wstępnie, czy w ich miejscu pracy, wypoczynku oraz zabawy nie jest przekraczana norma natężenia hałasu, nie muszą w tym celu kupować najczęściej drogiego specjalistycznego sprzętu,. Wystarczy, że pobiorą one specjalistyczną aplikację na telefon komórkowy i na podstawie otrzymanych wyników będą mogli ustalić wstępnie, czy normy dotyczące hałasu są przekraczane w badanym miejscu czy nie. Zainspirowało to autorów niniejszej pracy do podjęcia tego tematu.

## 2. Wybrane wiadomości dotyczące hałasu

Hałas jest to każdy dźwięk o charakterze niepożądanym, uciążliwym, powstający na skutek działalności człowieka, ale nie tylko, w określonym czasie i miejscu [2]. Biorąc pod uwagę zakres częstotliwości, należy wyróżnić:

- Hałas infradźwiękowy – hałas o częstotliwości od 1 Hz do 20 Hz.
- Hałas słyszalny – jest to hałas, który zależy od indywidualnych cech człowieka, a występuje on w zakresie od 20 Hz do 16 lub 20 kHz.
- Hałas ultradźwiękowy – jest to hałas z zakresu od 10 Hz do 40 kHz [1, 5].

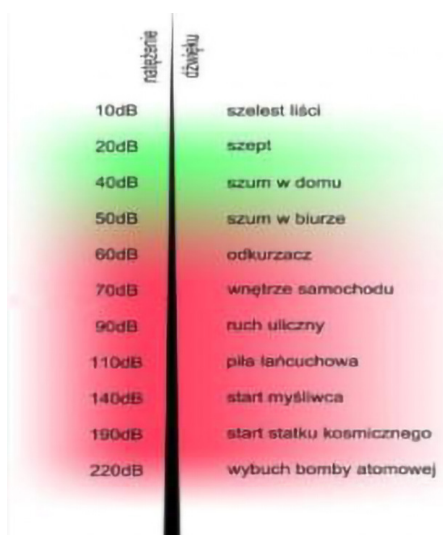
Hałas powstający np. podczas wykonywania różnych prac wpływa negatywnie przede wszystkim na układ słuchowy człowieka. Krótkotrwała ekspozycja człowieka na oddziaływanie hałasu, w zależności od jego natężenia, może wywołać np. krótkotrwały zanik słuchu, który najczęściej ustąpi po pewnym czasie. Natomiast długotrwałe oddziaływanie hałasu na organizm człowieka może doprowadzić do trwałego osłabienia lub nawet do całkowitej utraty słuchu. Osłabienie lub utrata słuchu odbywają się najczęściej etapami: od początkowego odczuwania szumów w uszach oraz problemów z usłyszeniem rozmówcy. Innymi negatywnymi skutkami narażenia na hałas są m.in.: wzrost ciśnienia krwi, bóle głowy, utrata równowagi itp. Szkodliwe działanie hałasu na organizm człowieka zależy od takich czynników, jak [2, 4, 6, 7]: natężenia dźwięku, częstotliwości, charakterystyki (dźwięk ciągły czy impulsowy), czas oddziaływania, w zależności od odległości od źródła, realizowanego wysiłku fizycznego lub umysłowego, wieku, płci oraz aktualnego stanu zdrowia:

- Hałas od 10 dB do 25 dB – może wywoływać roztargnienie u niektórych osób, które wykonują prace w skupieniu. Brak szkodliwości dla zdrowia człowieka.
- Hałas od 25 dB do 50 dB – wpływa na zakłócenie snu oraz wypoczynku. Możliwe wystąpienie roztargnienia, zdenerwowania.
- Hałas od 50 dB do 75 dB – hałas w tym zakresie może wpływać na układ nerwowy człowieka, co w konsekwencji może doprowadzić do utraty koncentracji, bólów głowy, pogorszenia samopoczucia, agresji.
- Hałas od 75 dB do 85 dB – wystawienie się na działanie hałasu z tego zakresu może prowadzić do osłabienia słuchu, nadpobudliwości, drażliwości.
- Hałas od 85 dB do 120 dB – oddziaływanie hałasu o tym zakresie może prowadzić do uszkodzenia słuchu, zaburzenia układu nerwowego, utraty równowagi, wywoływać drgania różnych części ciała, bólu.
- Hałas od 120 dB do 220 dB – negatywnie wpływa na człowieka, prowadząc do utraty bądź poważnego uszkodzenia słuchu, utraty przytomności, śmierci [2, 3, 7].

Na rysunku 1 zaprezentowano oddziaływanie hałasu na organizm ludzki, zaś na rysunku 2 poziom hałasu przy różnych zjawiskach dźwiękowych.



Rys. 1. Oddziaływanie hałasu na organizm [21]



Rys. 2. Poziom zjawiska dźwiękowego [5]

Rodzaje hałasu:

- Hałas ustalony – jest to poziom dźwięku (A), który w trakcie wykonywania pomiaru nie zmienia się więcej niż 5 dB.
- Hałas nieustalony – jest to poziom dźwięku (A), który podczas wykonywania pomiaru zmienia się o więcej niż 5 dB.
- Hałas impulsowy – złożony jest z impulsów dźwiękowych w czasie krótszym niż 1 s.

### Parametry hałasu w pracy

Hałas w środowisku pracy reguluje polska norma PN-EN ISO 9612:2011. Wyróżnia się trzy podstawowe parametry odnoszące się do hałasu, są to m.in.:

- Poziom ekspozycji – odnosi się do ośmiogodzinnego wymiaru czasu pracy, a wielkość dawki zależna jest od czasu i poziomu hałasu. Pracownik w czasie ośmiogodzinnej pracy może być wystawiony na działanie hałasu o poziomie 85 dB, natomiast gdy wartość ta będzie wynosiła 88 dB, czyli zwiększy się dwukrotnie, maksymalny czas, jaki pracownik będzie mógł wykonywać pracę, wynosić będzie 4 h.
- Poziom dźwięku „A” – imituje czułość ludzkiego ucha w zakresie niskiego poziomu dźwięku i wykorzystywany jest do pomiarów hałasu, m.in.: w biurach. Maksymalna wartość poziomu dźwięku „A” nie może zostać przekroczona w żadnym momencie pracy, a wynosi ona 115 dB(A) [8].
- Poziom dźwięku „C” – wykorzystywany jest do pomiaru hałasu maszyn i urządzeń (dźwięki impulsowe); charakteryzuje się większym zakresem badanego dźwięku niż „A”. Pomiar dźwięku „C” wykorzystuje się w halach przemysłowych, a wartość maksymalna (135 dB „C”) tego dźwięku nie może zostać przekroczona [3, 4, 6].

### **Ochrona przed hałasem**

Jedną z podstawowych metod ochrony przed hałasem jest wyciszenie źródła hałasu. Innymi metodami są m.in.:

- Ustawienie maszyn w taki sposób, aby emitowany przez nie dźwięk nie nakładał się na siebie.
- Nie gromadzić w jednym pomieszczeniu maszyn, które emitują dźwięk o wysokim poziomie.
- Ustalenie harmonogramu wykonywanych prac w taki sposób, aby emisja dźwięku była jak najniższa, nie zakłócając tym samym płynności pracy.
- Zastosowanie ekranów dźwiękochłonnych lub materiałów dźwiękoizolacyjnych.
- Zaopatrzenie pracowników w środki ochrony indywidualnej [9, 22].

### **3. Badania i ich przebieg**

Wyniki zaprezentowane w tym artykule pochodzą z badań, które przeprowadzono na symulowanym stanowisku pracy zgodnie ze schematem z rysunku 3.



**Rys. 3.** Schemat rozmieszczenia elementów stanowiska badawczego:  
1 – lewy przedni głośnik, 2 – głośnik centralny, 3 – prawy przedni głośnik, 4 – subwoofer,  
5 – prawy tylny głośnik, 6 – lewy tylny głośnik, 7 – miejsce ustawienia przyrządów  
pomiarowych

Źródło: opracowanie własne.

W skład stanowiska badawczego wchodziły głośniki firmy Logitech model X- 530, a także urządzenia, takie jak: Sonometr firmy BENETECH model: GM1356, telefon komórkowy Honor 9, telefon komórkowy Samsung Galaxy J6. Sonometr BEBETECH-GM1356 jest to urządzenie do profesjonalnego pomiaru natężenia dźwięku. Urządzenie to zostało wykonane przez producenta zgodnie z normą: IEC PUB 651 TYPE. Głównymi cechami sonometru GM1356 są: dokładność +/- 1,5 dB; zakres pomiarowy od 30 dB do 130 dB; dwoma rodzajami pomiarów (szybki oraz wolny); możliwością odczytania największej zarejestrowanej wartości podczas pomiaru; filtry A/C; możliwość zapisu do 4700 rekordów danych. Na rysunku 4 przedstawiono przyrząd badawczy użyty w pracy – sonometr GM 1356.

Kolejnymi przyrządami pomiarowymi użytymi przez autorów pracy w badaniach były telefony komórkowe: Honor 9 i Samsung Galaxy J6. W tabeli 1 ukazano dane techniczne telefonu Honor 9 [23, 24], zaś w tabeli 2 dane techniczne telefonu Samsung Galaxy J6.



Rys. 4. Sonometr BENETECH-GM1356

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 1. Dane techniczne telefonu Honor 9

Procesor	Kirin 960 (4 rdzenie, 2,40 GHz, Cortex A73 + 4 rdzenie, 1,80 GHz Cortex A53)
Pamięć RAM	4 GB
Pamięć wbudowana	64 GB
Typ ekranu	Dotykowy, IPS
Przekątna ekranu	5,15"
Rozdzielczość ekranu	1920 x 1080
Przystosowanie obiektywu	f/2.2 - tylny obiektyw szerokokątny f/2.0 - przedni obiektyw
Dodatkowe cechy aparatu	Wbudowana lampa błyskowa
Rozdzielczość nagrywania wideo	4K
Łączność	4G (LTE) Bluetooth NFC Wi-Fi
System nawigacji satelitarnej	Beidou A-GPS, GLONASS
Złącza	USB Typu-C - 1 szt. Czytnik kart pamięci - 1 szt. Gniazdo kart nanoSIM - 2 szt. (Drugi slot wspólny z czytnikiem kart pamięci) Wyjście słuchawkowe/głośnikowe - 1 szt.
Czujniki	Akcelerometr Halla Światła Zbliżenia Żyroskop
Dual SIM	Dual SIM - Obsługa dwóch kart SIM
Zainstalowany system operacyjny	Android 7.0 Nougat

Źródło: specyfikacja producenta.

**Tab. 2.** Dane techniczne telefonu Samsung Galaxy J6

Pamięć RAM	3 GB
Pamięć wbudowana	32 GB
Typ ekranu	Dotykowy, Super AMOLED
Przekątna ekranu	5,6"
Rozdzielczość ekranu	1480 x 720
Przystosowana obiektywu	f/1.9 - tylny obiektyw f/1.9 - przedni obiektyw
Dodatkowe cechy aparatu	Wbudowana lampa błyskowa
Rozdzielczość nagrywania wideo	FullHD 1080p
Łączność	4G (LTE) Bluetooth NFC Wi-Fi
System nawigacji satelitarnej	Beidou GPS A-GPS, GLONASS
Złącza	Micro USB - 1 szt. Czytnik kart pamięci - 1 szt. Gniazdo kart nanoSIM - 2 szt. Wyjście słuchawkowe/głośnikowe - 1 szt.
Czujniki	Akcelerometr Zbliżenia
Dual SIM	Dual SIM - Obsługa dwóch kart SIM
Zainstalowany system operacyjny	Android 8.0 Oreo
Dodatkowe informacje	Obsługa radia FM USB OTG
Pojemność baterii	3000 mAh

Źródło: specyfikacja producenta.

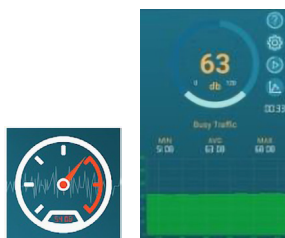
### **Aplikacje do pomiaru natężenia hałasu zastosowane w badaniach**

Do przeprowadzenia badań użyto 11 aplikacji służących do pomiaru natężenia hałasu. Aplikacje na telefon komórkowy do pomiaru natężenia hałasu wykorzystują wbudowany w smartfon mikrofon. Aplikacje te działają w trybie *fast*, oznacza to, że w ciągu trzydziestosekundowego pomiaru pobierają one 30 próbek, z których następnie wyliczają średnią z pomiaru. Zaprezentowane w pracy aplikacje, z których skorzystano w tych badaniach, zostały wybrane spośród dostępnych na



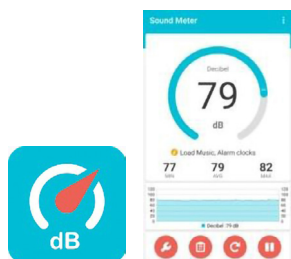
rynku, w wyniku przeprowadzenia analizy opinii na ich temat oraz na podstawie ich popularności (liczby pobrań), jaką się cieszyły wśród użytkowników telefonów komórkowych. Wykorzystane aplikacje są dostępne bezpłatnie do pobrania w sklepie Google Play, są to:

1. Aplikacja „Sound Meter” od firmy Creative gigs charakteryzuje się licznikiem pokazującym aktualny poziom natężenia hałasu, który umieszczony jest w górnej części ekranu. Poniżej licznika znajdują się funkcje, takie jak: minimalny poziom odnotowanego dźwięku, średni zanotowany poziom dźwięku oraz maksymalny odnotowany poziom. Aplikacja jest również wyposażona w wykres przedstawiający aktualny pomiar natężenia hałasu. Na rysunku 5 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



Rys. 5. Logo aplikacji „Sound Meter: decybel meter, noise detekto” i jej wygląd po włączeniu [10]

2. Aplikacja „Sound Meter – Sound Test & Decible Meter” stworzona i zaprojektowana przez firmę WiFi Extender – WiFi Analyzer & WiFi Speed Test; charakteryzuje się analogowym licznikiem aktualnego poziomu natężenia hałasu, podawaniem średniej wartości badanego poziomu natężenia hałasu, najniższej oraz najwyższej odnotowanej wartości podczas trwania pomiaru. W dolnej części aplikacji umieszczony został wykres przedstawiający poziom badanego natężenia hałasu. Na rysunku 6 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



Rys. 6. Logo oraz wygląd aplikacji „Sound Meter – Sound Test & Decible Meter” [11]

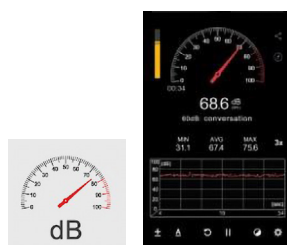


Rys. 7. Logo i wygląd aplikacji „Sensor Box”

3. Aplikacja „Sensor Box” jest to aplikacja firmy HK SMARTER MOBI TECHNOLOGY CO., LIMITED; charakteryzuje się prostym wyglądem, na który składa się zegar wyświetlający bieżący poziom natężenia hałasu, a także wykres przedstawiający trzydziestosekundowy pomiar. Aplikacja nie posiada takich funkcji jak: minimalny zanotowany poziom natężenia hałasu, maksymalny poziom hałasu oraz nie pokazuje użytkownikowi średniego wyniku. Na rysunku 7 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.
4. Aplikacja „Miernik dźwięku i decybeli” od firmy EXA Tools; charakteryzuje się cyfrowym licznikiem, na którym wyświetlany jest aktualny poziom natężenia hałasu. Poniżej licznika znajduje się miara informująca, jaki rodzaj dźwięku jest badany, w skład aplikacji wchodzi także wykres graficzny, średni wynik badania, najniższy oraz najwyższy poziom badanego dźwięku. Na rysunku 8 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



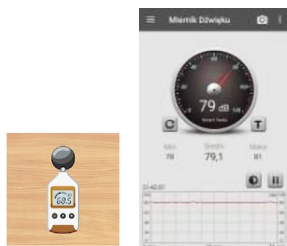
Rys. 8. Logo i wygląd aplikacji „Miernik dźwięku i decybeli” [13]



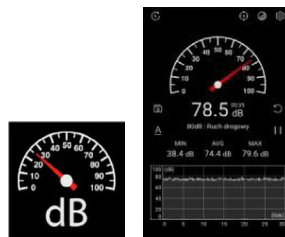
Rys. 9. Logo i wygląd aplikacji „Miernik dźwięku (Sound Meter)” [14]

5. Aplikacja „Miernik dźwięku (sound Meter)” od firmy Abc Apps; charakteryzuje się licznikiem aktualnego natężenia hałasu w zakresie od 0 dB do 100 dB. Dodatkowymi funkcjami aplikacji są m.in.: wykres graficzny, najniższa, najwyższa oraz średnia wartość badanego hałasu. Na rysunku 9 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.
6. Aplikacja „Miernik dźwięku: Sound Meter” od firmy Smart Tools co. Zawiera duży zegar, na którym wyświetlany jest aktualny poziom natężenia hałasu o zakresie działania od 0 dB do 120 dB. W skład aplikacji wchodzi także takie elementy jak: graficzne przedstawienie badanego natężenia hałasu w postaci wykresu, wyznaczanie najniższych oraz najwyższych wartości odnotowanych w czasie pomiaru, a także średni poziom hałasu wykonanego

pomiaru. Na rysunku 10 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



Rys. 10. Logo i wygląd aplikacji Miernik dźwięku: Sound Meter [15]



Rys. 11. Logo i wygląd aplikacji Miernik dźwięku – miernik hałasu, miernik SPL [16]

7. Aplikacja „Miernik dźwięku – miernik hałasu, miernik SPL” od KTW Apps; wyposażona jest m.in. w wykres graficzny zapisujący 30 sekund aktualnego pomiaru natężenia hałasu, licznik z zakresem pomiarowym od 0 dB do 100 dB. Aplikacja umożliwia odczyt takich wartości, jak średni badany hałas, minimalny oraz maksymalny odnotowany dźwięk. Na rysunku 11 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.
8. Aplikacja „Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu” zaprojektowana przez firmę Tools Dev; charakteryzuje się zakresem pomiarowym od 0 dB do 120 dB, wyświetlaniem takich wartości, jak: najniższy oraz najwyższy poziom dźwięku oraz średni wynik pomiaru. W skład aplikacji wchodzi również wykres obrazujący aktualny poziom natężenia hałasu. Na rysunku 12 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



Rys. 12. Logo i wygląd aplikacji Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu [17]

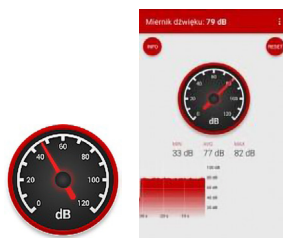


Rys. 13. Logo i wygląd aplikacji Miernik dźwięku [18]

9. Aplikacja „Miernik dźwięku” od firmy Netigen Tools; charakteryzuje się bardzo prostym wyglądem, na który składa się licznik aktualnego poziomu natężenia hałasu o zakresie pracy od 0 dB do 100 dB oraz wykres obrazujący aktualny poziom natężenia hałasu. Na rysunku 13 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.
10. Aplikacja „Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu” zaprojektowana przez firmę Tools Dev; charakteryzuje się zakresem pomiarowym od 0 dB do 120 dB, wyświetlaniem takich wartości, jak: najniższy oraz najwyższy poziom dźwięku oraz średni wynik pomiaru. W skład aplikacji wchodzi również wykres obrazujący aktualny poziom natężenia hałasu. Na rysunku 14 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.



Rys. 14. Logo i wygląd aplikacji „Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu” [19]



Rys. 15. Logo i wygląd aplikacji „Miernik dźwięku” [20]

11. Aplikacja „Miernik dźwięku” została zaprojektowana oraz opublikowana przez firmę Splend Apps. Aplikacja umożliwia odnotowanie takich wartości, jak: najniższy oraz najwyższy odnotowany poziom dźwięku, a także średni poziom natężenia hałasu po zakończeniu pomiaru. W centralnej części aplikacji został umieszczony licznik aktualnego natężenia hałasu w skali od 0 dB do 120 dB, poniżej licznika znajduje się wykres graficzny. Na rysunku 15 przedstawiono logo oraz wygląd aplikacji po włączeniu.

## 4. Wyniki z przeprowadzonych badań

Badania zostały wykonane na autorskim stanowisku badawczym, zgodnie z zaprojektowanym eksperymentem badawczym, podczas któ-

rego odtwarzany był utwór muzyczny o ustalonej głośności: głośniki ustawione zostały na 75% głośności; poziom głośności aplikacji do odtwarzania muzyki wynosił 70% oraz poziom głośności ustawiony w komputerze wynosił 45%. Każdy pomiar trwał 33 s. W tabeli 3 zestawiono wyniki pomiarów natężenia hałasu, przeprowadzonych z wykorzystaniem dwóch telefonów komórkowych oraz 11 aplikacji specjalistycznych, zainstalowanych na każdym z tych telefonów. Dla każdego telefonu i każdej aplikacji wykonano 4 serie pomiarów, po 5 pomiarów w każdej i w zaprezentowanej zbiorczej tabeli wyników zaprezentowano wyniki średnie z serii pomiarów i średnie z całości, zaś w tabeli 4 ukazano średnie z wyników pomiarów natężenia dźwięku z wykorzystaniem sonometru. Tu także wykonano 4 serie pomiarów po 5 pomiarów w każdej serii.

**Tab. 3.** Tabela wyników pomiarów natężenia hałasu wykonana telefonami komórkowymi

Nr aplikacji	Honor 9						Galaxy J6					
	Próba badawcza				Śr [dB]	σ [dB]	Próba badawcza				Śr [dB]	σ [dB]
	1 [dB]	2 [dB]	3 [dB]	4 [dB]			1 [dB]	2 [dB]	3 [dB]	4 [dB]		
1	78	79	78	77	78	0,71	83	84	82	83	83	0,71
2	77	77	78	76	77	0,71	84	84	85	83	84	0,71
3	63	64	64	63	63,5	0,50	71	71	72	70	71	0,71
4	52	51	52	52	51,75	0,43	44	44	44	45	44,25	0,43
5	74	74	73	75	74	0,71	82	83	81	82	82	0,71
6	79	78	78	79	78,5	0,50	84	83	84	84	83,75	0,43
7	77	78	77	77	77,25	0,43	85	85	86	86	85,5	0,50
8	76	76	77	75	76	0,71	84	84	85	85	84,5	0,50
9	67	68	68	67	67,5	0,50	74	75	75	74	74,5	0,50
10	79	79	78	80	79	0,71	86	86	87	85	86	0,71
11	72	71	72	72	71,75	0,43	72	73	71	72	72	0,71

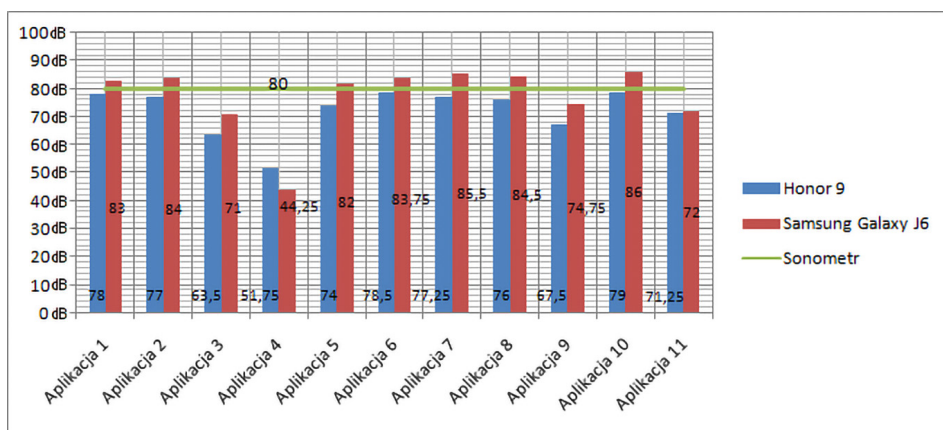
Źródło: opracowanie własne.

**Tab. 4.** Tabela wyników pomiarów natężenia hałasu wykonana sonometrem

Sonometr				
Próba badawcza				Śr [dB]
1 [dB]	2 [dB]	3 [dB]	4 [dB]	
80,1	79,9	79,8	80,2	80
Odchylenie standardowe				
0,158 dB				

Źródło: opracowanie własne.

W celu wizualizacji otrzymanych wyników badań sporządzono ich zestawienie graficzne, które zaprezentowano na rysunku 16.



**Rys. 16.** Wyniki badań z pomiarów hałasu z zastosowaniem wybranych aplikacji na telefon komórkowy

Źródło: opracowanie własne.

Wykaz specjalistycznych aplikacji na telefony komórkowe wykorzystane w badaniach i w zestawieniu zgodnie z numeracją ukazaną na rysunku 16:

1. „Sensor box” – HK SMARTER MOBI TECHNOLOGY CO., LIMITED.
2. „Miernik dźwięku” – Tools Dev.
3. „Sound Meter” – Creative gigs.
4. „Miernik dźwięku” – Netigen Tools.
5. „Miernik dźwięku – miernik hałasu, miernik SPL” – KTW Apps.
6. „Miernik dźwięku: Sound Meter” – Smart Tools co.
7. „Miernik dźwięku” – Splend Apps.
8. „Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu” – Tools Dev.
9. „Miernik dźwięku (sound Meter)” – Abc Apps.
10. „Sound Meter – Sound Test & Decible Meter” - WiFi Extender – WiFi Analyzer & WiFi Speed Test.
11. „Miernik dźwięku i decybeli” – EXA Tools.

## 5. Podsumowanie

Pracownicy często narażeni są na działanie rozmaitych czynników szkodliwych. Jednym z takich czynników jest hałas, do pomiarów którego stosuje się specjalistyczny sprzęt. Osoby mające podejrzenia, że poziom natężenia hałasu wokół nich osiąga wartości niedopuszczalne,

i chcące to zbadać, sięgają najczęściej po darmowe aplikacje mobilne na telefony komórkowe, które przeznaczone są, według zamieszczonych informacji, do pomiaru natężenia dźwięku. Do przeprowadzenia badań wykorzystane zostały dwa wybrane średniej klasy telefony komórkowe: Honor 9 oraz Samsung Galaxy J6, oraz w celach porównawczych specjalistyczny przyrząd pomiarowy – sonometr BEBETECH-GM1356. Otrzymane wyniki z badań wykonanych z wykorzystaniem zestawów pomiarowych w postaci telefonów komórkowych wraz z wybranymi i zainstalowanymi aplikacjami do pomiaru natężenia hałasu pozwoliły określić przydatność owych aplikacji. Aplikacje zainstalowane na telefonie Honor 9, których wyniki pomiarów były najbardziej zbliżone do wyników otrzymanych podczas badania z wykorzystaniem sonometru, to aplikacje: „Miernik dźwięku: Sound Meter” – Smart Tools co. (wynik – 79,1 dB) oraz „Miernik dźwięku – Decybeli i miernik hałasu” – Tools Dev. (wynik – 79 dB) w stosunku do wyniku otrzymanego z sonometru – 80 dB. W przypadku telefonu Samsung Galaxy J6 aplikacja, która pozwoliła otrzymać wyniki najbardziej zbliżone do otrzymanych przez sonometr, to aplikacja: „Miernik dźwięku (Sound Meter)” – Abc Apps. (wynik – 82,5 dB) w stosunku do wyniku otrzymanego z wykorzystaniem sonometru – 80 dB.

Jak wskazują otrzymane wyniki z przeprowadzonych przez autorów niniejszego opracowania badań dla badanych w nich, w warunkach założonego eksperymentu badawczego, wybranych aplikacji w połączeniu z telefonami Honor 9 oraz Samsung Galaxy J6 należy stwierdzić, że te zestawy nie pozwalają dokładnie i jednoznacznie określić w sposób prawidłowy poziomu panującego w badanym miejscu hałasu, a tym samym na podstawie otrzymanych przy ich pomocy wyników określić, czy normy dotyczące hałasu w miejscu pracy, zabawy, odpoczynku lub przebywania są przekraczane. Zdaniem autorów pracy mogą one jedynie być wykorzystane jako mierniki wstępnego ustalenia wielkości poziomu hałasu w badanym miejscu, w przypadku powzięcia podejrzenia co do jego zbyt dużego natężenia. W każdym jednak przypadku należy otrzymany wynik z tych badań porównać z wynikiem pomiaru poziomu hałasu otrzymanym przy pomocy certyfikowanego specjalistycznego urządzenia pomiarowego służącego do pomiaru hałasu.

## Literatura

1. Kirpluk M.: *Podstawy akustyki*, NTLMK, Warszawa 2012.
2. Puzyna C.: *Ochrona środowiska pracy przed hałasem*, t. II, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1982.
3. Larry H.R.: *The noise-vibration problem – solution workbook*, American Industrial Hygiene Association, Aiha 2002.
4. Zabiegała W., Uzarczyk A.: *Hałas: charakterystyka czynników szkodliwych i niebezpiecznych w środowisku pracy*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 1998.
5. Młyński R.: *Hałas impulsywny, stosowanie ochronników słuchu*, Wydawnictwo Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2013.
6. Engel Z., Zawieska W.M.: *Hałas maszyn i urządzeń – źródła, ocena*, Wydawnictwo CIOP, Warszawa 2001.
7. Paulo Henrique Trombetta Zannin: *Noise and ergonomics in the workplace*, Nova Science Publishers, Incorporated, 2013.
8. Cheremisinoff N.P.: *Noise control in industry, a practical guide*, Noyes Publications Westwood, New Jersey 1996.

### Inne źródła:

9. <http://www.fis.agh.edu.pl/kfcs/wp-content/uploads/posterfizykaglosu.pdf> [dostęp: 14.09.2020].
10. <https://www.paroc.pl/knowhow/akustyka/ogolne-informacje-o-dzwieku> [dostęp 14.09.2020].
11. <https://www.icd.pl/poradnik/post/halas-podstawowe-informacji> [dostęp: 14.09.2020].
12. <http://psse-kolo.pl/menu-strony/oddzialy/oddzial-higieny-komunalnej/informacje-oddzial-higieny-komunalnej/Halas> [dostęp: 14.09.2020].
13. <https://asystentbhp.pl/halas-w-srodowisku-pracy-klasyfikacja-wartosci/> [dostęp: 14.09.2020].
14. <https://www.prawo.pl/kadry/halas-w-srodowisku-pracy,186770.html> [dostęp: 14.09.2020].
15. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.creativegigs.soundmeter> [dostęp: 14.09.2020].
16. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.soundtest.decibel-meter.soundmeter> [dostęp: 14.09.2020].
17. <https://play.google.com/store/apps/details?id=imoblife.androidsensorbox> [dostęp: 14.09.2020].
18. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.exatools.soundmeter> [dostęp: 14.09.2020].



19. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gamebasic.decibel> [dostęp: 14.09.2020].
20. <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.sound> [dostęp: 14.09.2020].
21. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ktwapps.soundmeter> [dostęp: 14.09.2020].
22. <https://play.google.com/store/apps/details?id=coocent.app.tools.soundmeter.noisedetector> [dostęp: 14.09.2020].
23. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel> [dostęp: 14.09.2020].
24. <http://bhpspec.com/2015/06/halas-w-srodowisku-pracy-badania-pomiar-szkolenia-bhp/> [dostęp: 14.09.2020].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Telefon komórkowy jako przyrząd do określenia poziomu hałasu w aspekcie bezpieczeństwa pracownika na stanowisku pracy**

W artykule przedstawiono wybrane wiadomości dotyczące hałasu, a także zaprezentowano wyniki badań, które autorzy pracy, opierając się na specjalistycznej aplikacji na telefon komórkowy, przeprowadzili w ramach eksperymentu badawczego. Efektem tych prac jest określenie przydatności tego zestawu pomiarowego do określania poziomu hałasu na badanym stanowisku pracy.

**Słowa kluczowe:** hałas, natężenia hałasu, dźwięk, aplikacja do pomiaru natężenia hałasu, miernik dźwięku

### **A Mobile Phone as a Device to Determine the Noise Level in Terms of Employee Safety at the Workplace**

The article presents selected information on noise, as well as the results of research that the authors of the work, base on a specialized application for a mobile phone, conducted as part of a research experiment. The effect of these works is to determine the suitability of this measurement set for determining the noise level at the tested workplace.

**Keywords:** noise, noise levels, sound, noise measurement app, sound met

# Zwiększanie mocy w wysokoprężnych silnikach diesla bez konieczności modyfikacji podzespołów: korzyści ekonomiczne, oszczędność paliwa i zmniejszona emisja

ROZDZIAŁ

9

Weronika Jachuła | Politechnika Lubelska

Sebastian Gnapowski | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Chip tuning, czyli elektroniczne zwiększenie mocy, polega na wprowadzeniu w ECU zmian, które podniosą osiągi danego pojazdu. W praktyce oznacza to, że przy pomocy zmian w mapach zapisanych w sterowniku silnika możliwe jest zwiększenie jego mocy. Informacje zapisane w ECU mają za zadanie zdefiniować dane dotyczące monitorowania, regulowania i optymalizowania pracy silnika – dzięki temu możliwa jest jego prawidłowa praca oraz uzyskanie właściwego spalania dostarczanego paliwa. Mimo bardzo dobrej konfiguracji oryginalnej niemalże zawsze jest możliwość poprawy ekonomii naszego auta poprzez zmniejszenie spalania (bez wpływu na zużycie podzespołów), a co za tym idzie: również ograniczenie emisji szkodliwych związków do powietrza [4].

Zanim jednak zaczniemy ingerować w dane, warto byłoby poznać kilka podstawowych rodzajów map, które będą niezbędne do zwiększenia mocy. ECU silnika składa się bowiem z wielu składowych, a każda z nich odpowiada za wiele różnych czynników. Jeżeli losowo zaczniemy wprowadzać zmiany w mapach, możemy doprowadzić do nieodwracalnych uszkodzeń silnika [7]. Dlatego też dodatkowo jednostka powinna być dokładnie zdiagnozowana i sprawdzona pod względem sprawności technicznej. Przede wszystkim silnik niesprawny stwarza dodatkowe (poważne) zagrożenia nawet dla życia, jednocześnie stając się przy tym mniej wydajnym, przez co efekty mogą być niezadowolające, a zwiększenie mocy może doprowadzić do kolejnych usterek. Należy bezwzględnie wykluczyć jednostkę, która nie będzie mogła być wzmocniona skutecznie i bezpiecznie [6].

Gdy już pojazd zostanie zakwalifikowany do chip tuningu, można przejść do dokonywania zmian w programie. Jest to możliwe przy pomocy interfejsu podłączanego przez złącze OBD, jednak w starszych samochodach konieczne może być wylutowanie pamięci i ponowne wlutowanie po wprowadzeniu zmian. Wiele osób kojarzy chip tuning jako sposób na zwiększenie mocy w aucie, jednak nie tylko z tym się wiąże. Innym, ostatnio coraz bardziej popularnym, powodem, dla którego decydujemy się na wprowadzenie modyfikacji, jest zmniejszenie spalania. Wszystko to dlatego, że mając zapas mocy, silnik staje się bardziej elastyczny i żwawszy, co skutkuje mniejszym zużyciem paliwa [5].

Pojazd, który został poddany modyfikacjom, to fiat grande punto w wersji sport. Jest on wyposażony w wysokoprężny silnik diesla o pojemności skokowej 1910 cm<sup>3</sup>, mocy 130 KM, moment obrotowy to 280 Nm. Fiat wyposażony jest w manualną sześciobiegową skrzynię biegów. Pojazd posiada felgi 17-calowe z oponami o profilu 205/45/R17. Punto ma fabryczny tempomat, co ma znaczenie podczas wprowadzania zmian. Jako że jest to wersja sport, jest on niższy w porównaniu ze zwykłym grande punto o około 3 cm.

## 2. Procedury eksperymentu

Podczas wykonywania projektu wykorzystany został interfejs MPPS wraz z oprogramowaniem w wersji 13.02 oraz program WinOLS w wersji 2.0. Dodatkowo, by przeprowadzić operację bezpiecznie, niezbędny będzie również Prostownik, by utrzymać prawidłowe napięcie akumulatora i zapobiec skokom, które mogłyby mieć negatywny wpływ na ECU pojazdu [6].

Na początku należy zweryfikować poszczególne mapy, a następnie wprowadzać w nich zmiany. Często jest to tzw. metoda prób i błędów, czyli po wprowadzeniu zmiany trzeba udać się na jazdę testową i sprawdzić, jaki jest efekt. Należy tak długo dopracowywać mapę, by w aucie nie występowały niepożądane skutki czy błędy. Właśnie dlatego każdą mapę trzeba dostosowywać do konkretnego egzemplarza, nie wystarczy dopasowanie do modelu [5].

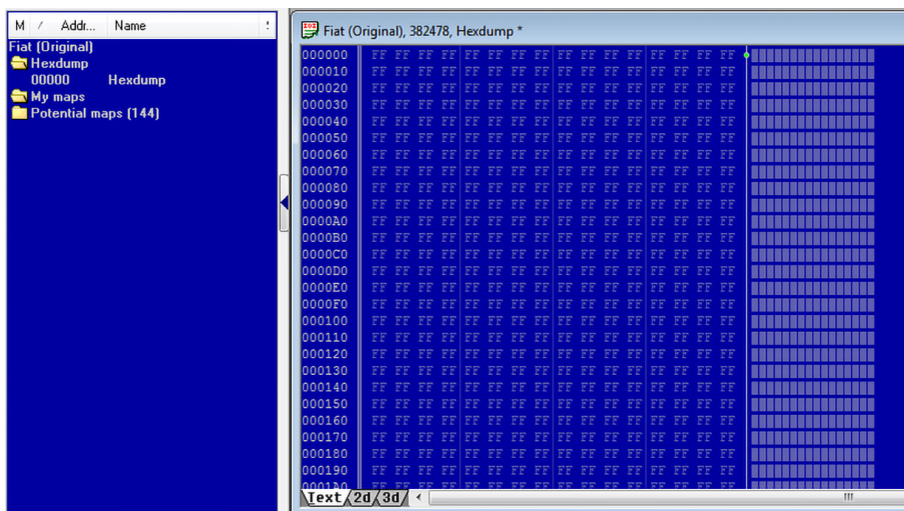
Na początku należy zainstalować niezbędne oprogramowanie, a następnie zapisać oryginalną mapę z ECU pojazdu. W tym celu jak poprzednio należy podłączyć prostownik, który utrzyma napięcie na akumulatoro-

rze tak, by programowanie nie tworzyło dodatkowego ryzyka – program MPPS jest bardzo czuły na wszelkie skoki napięć, przez co w wyniku takiego właśnie skoku możliwe jest uszkodzenie oprogramowania ECU pojazdu. Następnie należy podłączyć interfejs do pojazdu przez gniazdo OBD oraz do laptopa, przekreślić zapłon, po czym uruchomić program MPPS. Jeżeli któryś z warunków wymienionych w poprzednim zdaniu nie zostanie spełniony w takiej kolejności, program wyświetli błąd, ponieważ nie uda się odnaleźć podłączonego urządzenia [7].

Gdy już pobraliśmy plik binarny z danymi z ECU, możemy przejść do kolejnego etapu, jakim jest edycja mapy. Od tego momentu zaczynamy pracę w programie WinOLS.

### 3. Wyniki i ich omówienie

By móc edytować mapę w programie WinOLS, należy ją otworzyć, tworząc jednocześnie nowy projekt. Wybieramy źródło danych oraz ich format, wskazujemy właściwy plik. Program automatycznie odczytuje system sterowania silnikiem – w przypadku egzemplarza biorącego udział w eksperymencie jest to EDC16. Oznacza to, że sterownik wyposażony jest w 32-bitowe procesory – dzięki nim możliwa jest obsługa wtrysków wielofazowych CommonRail.

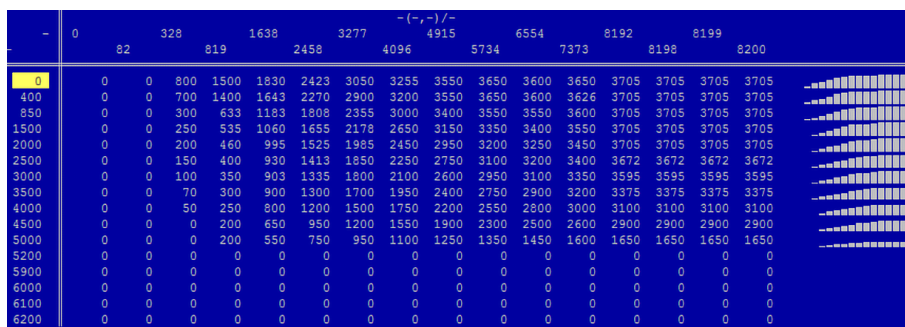


Rys. 1. Widok ekranu głównego WinOLS

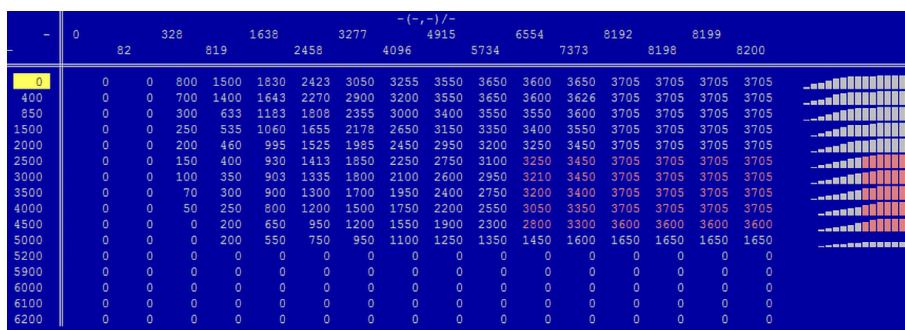
Jak widać na powyższym zrzucie, program WinOLS pozwala na przełączanie się między hexdump (widok danych w systemie szesnastkowym), „naszymi” mapami oraz potencjalnymi mapami. „Nasze” mapy to elementy, które zaznaczyliśmy i otworzyliśmy w nowym oknie (poprzez dwukrotne kliknięcie na nie). Potencjalne mapy to takie, które znalazł program WinOLS, ale nie określił ich w konkretny sposób. Na tym etapie należy znaleźć poszczególne mapy, zidentyfikować je, zapisać i wtedy przejść do wprowadzania zmian.

### 3.1. Torque request map

Pierwsza mapa, którą udało się znaleźć i jednocześnie pierwsza, w której będą wprowadzane zmiany, to mapa spod adresu 1C1170. Taką samą mapę znajdziemy pod adresami: 1C19B4 oraz 1C1E3C. Jest to mapa torque request, dotycząca żądanego momentu obrotowego w warunkach standardowych. Opisuje ona zależność między obrotami silnika a procentowym obciążeniem.



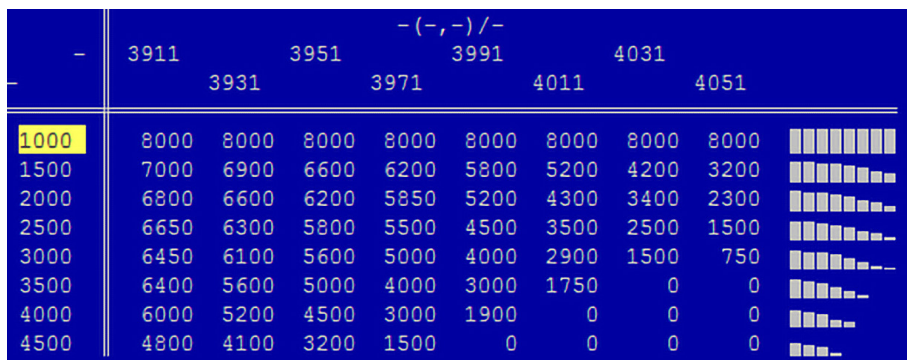
Rys. 2. Torque request map – przed zmianami



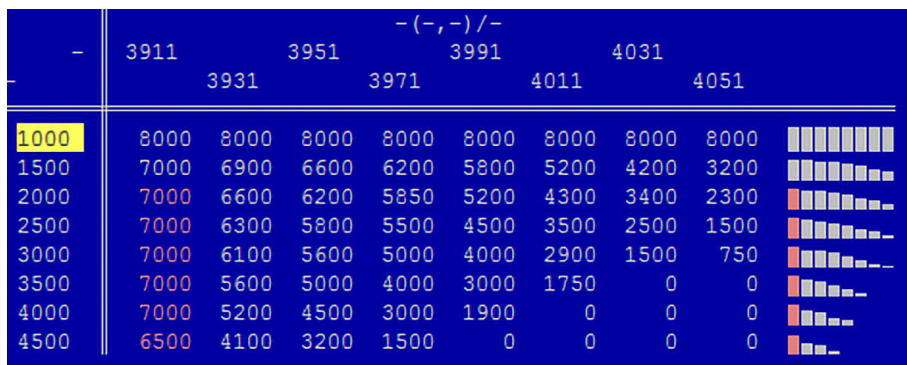
Rys. 3. Torque request map – po zmianach

### 3.2. Inverse drivers wish map

Kolejną mapą, która została odnaleziona pod adresem 1CC5B4, jest inverse drivers wish map. Występuje ona głównie w pojazdach wyposażonych w tempomat (a fiat takowy posiada). Jest ona bezpośrednio powiązana z mapą drivers wish, w związku z czym konieczne jest wprowadzenie poprawek w niej tak, by samochód „nie głupiał” podczas używania tempomatu.



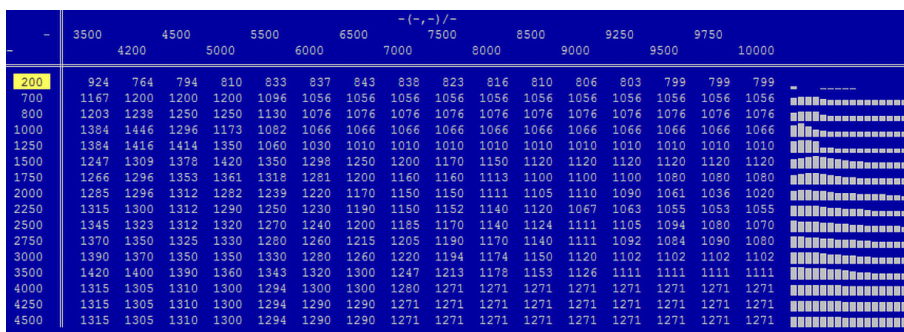
Rys. 4. Inverse drivers wish map – przed zmianami



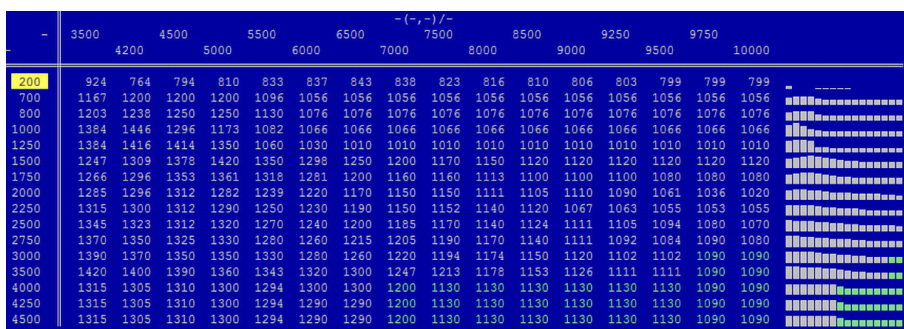
Rys. 5. Inverse drivers wish map – po zmianach

### 3.3. Smoke limiter map

Trzecią odczytaną mapą jest mapa smoke limiter, umiejscowiona pod trzema adresami: 1CD694, 1CD8D8 i 1CDB20. Jak sama nazwa wskazuje, mapa ma za zadanie ograniczenie dymienia, a co za tym idzie: również ilość wtryskiwanego paliwa, by kontrolować niepełne spalanie. Wartości wyrażane są w miligramach na jeden skok tłoka.



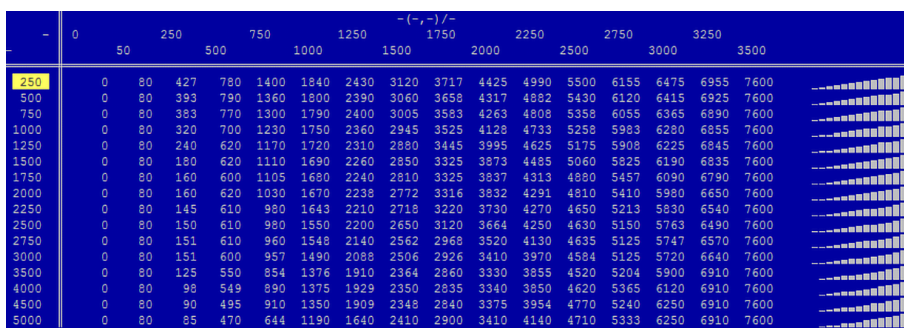
Rys. 6. Smoke limiter map – przed zmianami



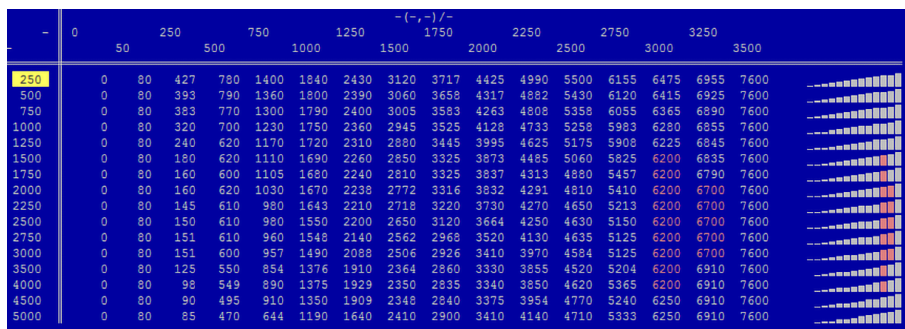
Rys. 7. Smoke limiter map – po zmianach

### 3.4. Nm TO IQ (injected quantity) conversion map

Mapą znajdującą się zaraz po smoke limiter map jest Nm to IQ (injected quantity) conversion map. Mapa ta ma za zadanie konwertować moment obrotowy na ilość wtryskiwanego paliwa. Jest ona zależna od obrotów silnika i momentu obrotowego. Mapę tę odnajdziemy pod adresem 1CE176.



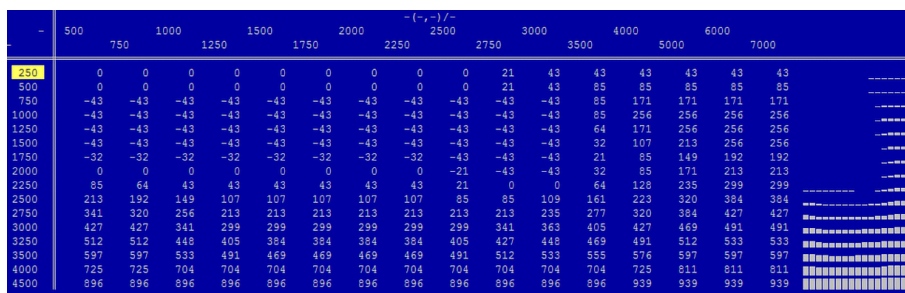
Rys. 8. Nm to IQ conversion map – przed zmianami



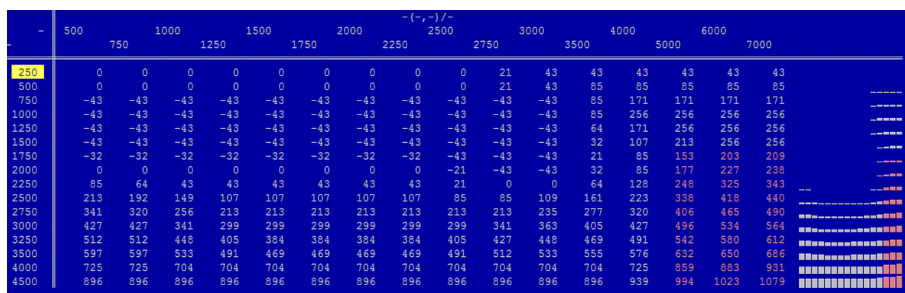
Rys. 9. Nm to IQ conversion map – po zmianach

### 3.5. Injector timing map

Następne mapy, które udaje się znaleźć kolejno pod adresami: 1D0BD0, 1D0E14, 1D1058, 1D129C oraz 1D14E0, to injector timing map, czyli mapy odpowiadające za kalibrację zachowania wtryskiwaczy paliwowych. Mają one wpływ na charakterystykę spalania oraz dostosowują czas otwarcia wtrysku wymagany do dostarczenia żądanej ilości paliwa. Wartości te są zależne od obrotów silnika i mm<sup>3</sup> wtryskiwanego w jednym cyklu paliwa.



Rys. 10. Injector timing map – przed zmianami

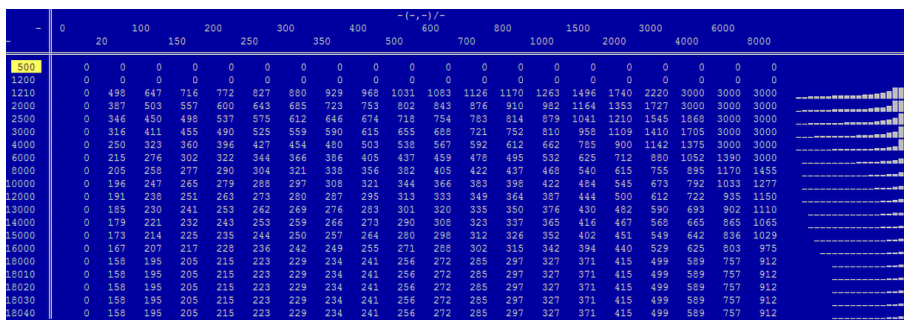


Rys. 11. Injector timing map – po zmianach

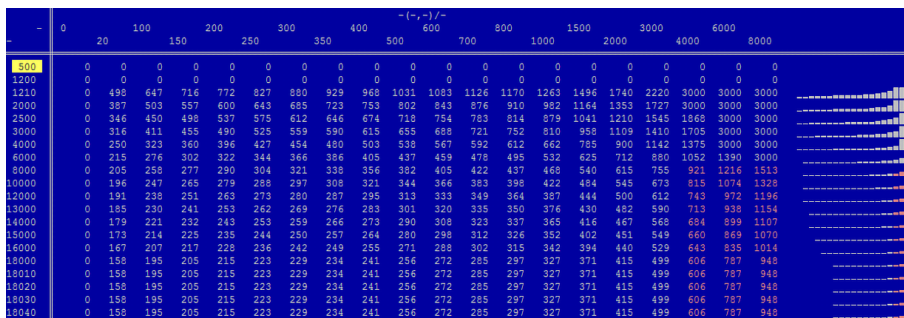


### 3.6. Injection time map

Mapą odnanaloną pod adresem 1DC68E jest mapa injection time, czyli czas wtryskiwaczy. Jest to mapa wyrażająca czas, który jest potrzebny do wypełnienia komory. Zależy ona od ciśnienia oraz ilości paliwa na jeden wtrysk.



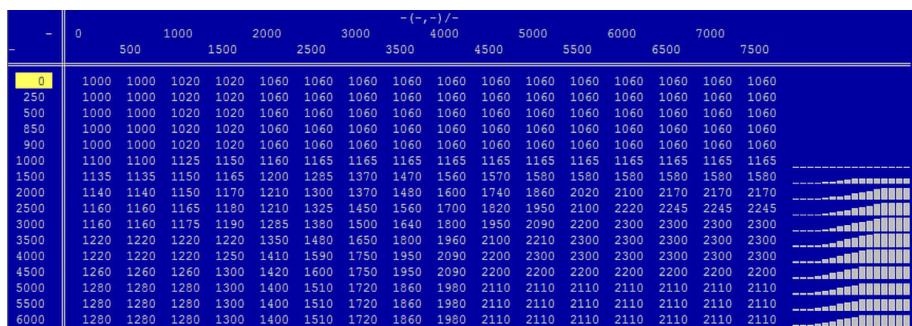
Rys. 12. Injection time map – przed zmianami



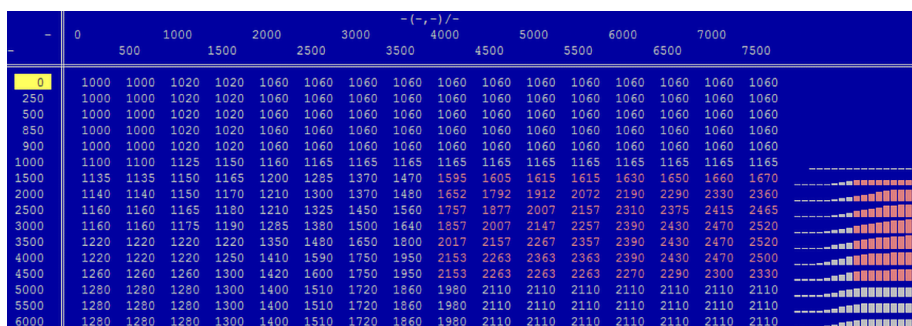
Rys. 13. Injection time map – po zmianach

### 3.7. N75 map

Mapą, która znajduje się pod adresem 1E14A0, jest mapa zaworu N75. Ma on za zadanie sterować zmienną geometrią łopatek wewnątrz turbiny, zależnie od obrotów silnika i wstrzykiwanej dawki paliwa.



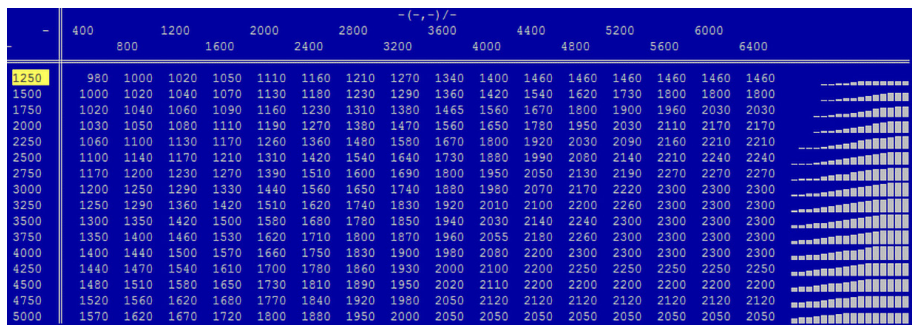
Rys. 14. N75 map – przed zmianami



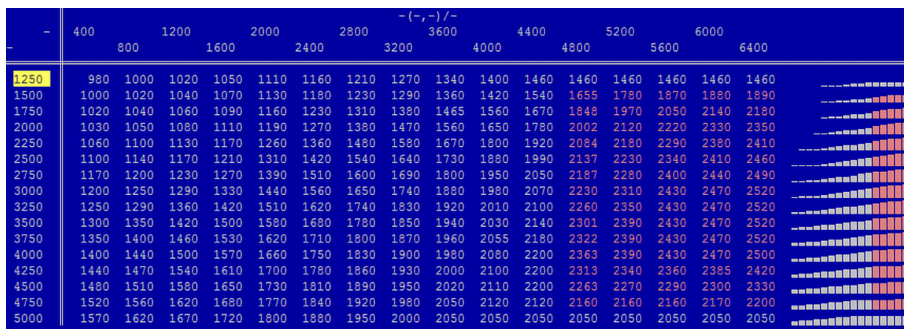
Rys. 15. N75 map – po zmianach

### 3.8. Turbo boost map

Następną zmodyfikowaną mapą będzie mapa turbo boost, zlokalizowana pod adresem 1E1928, czyli ciśnienie doładowania turbo. Mapa ta jest wyrażona w ciśnieniu doładowania wymaganym dla określonej dawki paliwa i danych obrotach silnika.



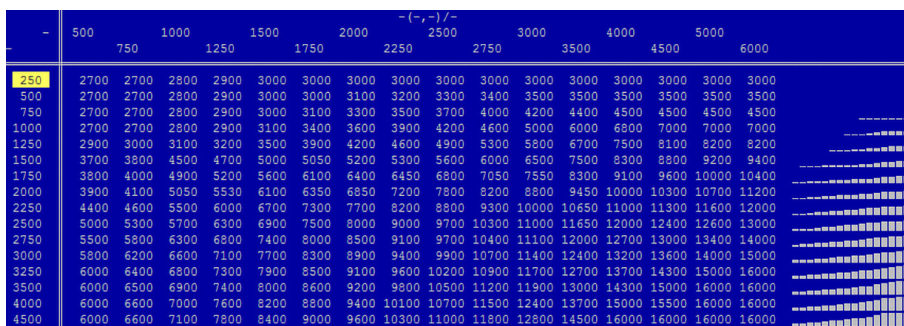
Rys. 16. Turbo boost map – przed zmianami



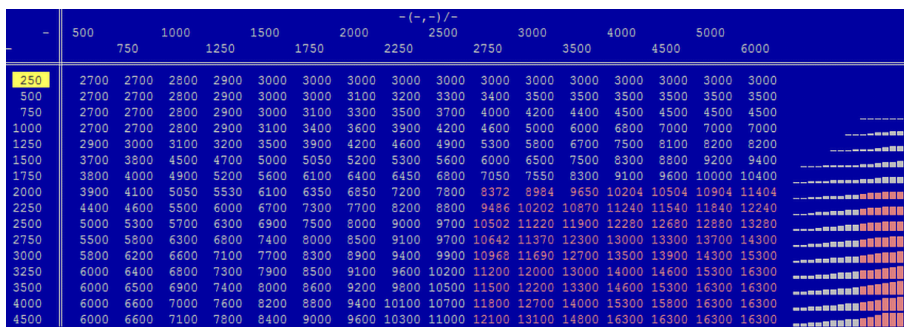
Rys. 17. Turbo boost map – po zmianach

### 3.9. Rail pressure map

Przedostatnią mapą, której należy dokładnie się przyjrzeć, jest rail pressure map. Na układ paliwowy składa się pompa wysokiego ciśnienia, która pompuje paliwo do listwy, a stamtąd trafia ono do wtrysków. Mapa odpowiada właśnie za ciśnienie na listwie, jest ona zależna od obrotów silnika i ilości paliwa wstrzykiwanego na jeden cykl silnika.



Rys. 18. Rail pressure map – przed zmianami



Rys. 19. Rail pressure map – po zmianach

### 3.10. Rail pressure limiter

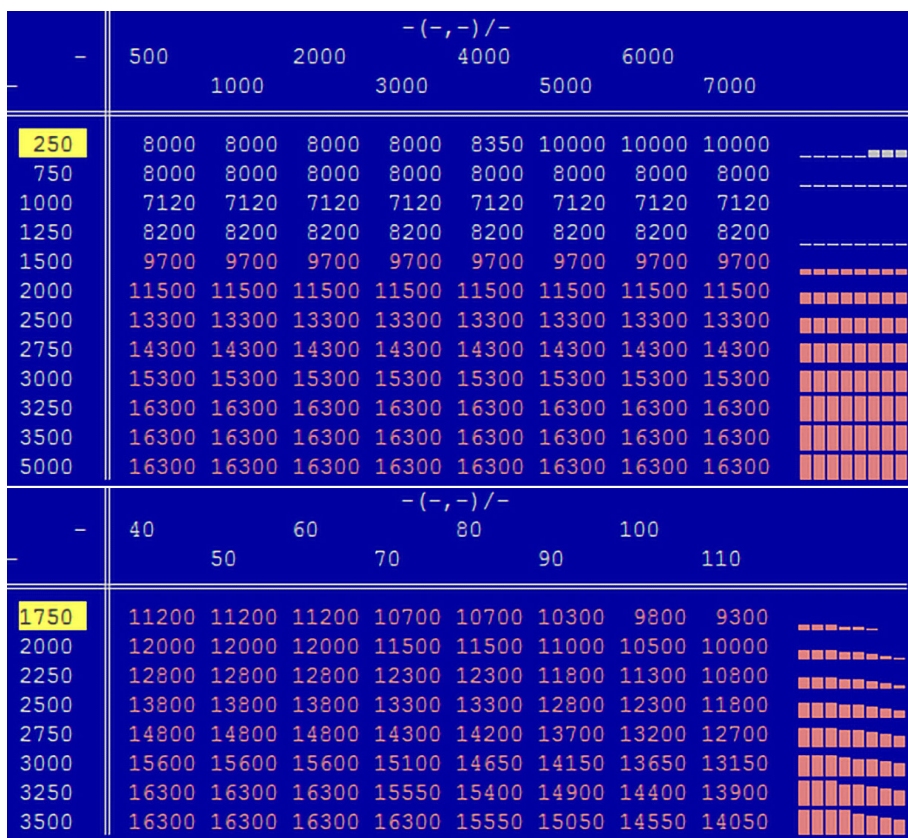
Ostatnimi mapami, które zostaną zmodyfikowane, są mapy rail pressure limiter. Mapy te mają za zadanie ograniczyć ciśnienie tworzone na li-stwie wtryskowej. Obydwe są zależne są od temperatury i obrotów silnika. Pierwsza mapa (spod adresu 1E717E) działa w zakresie tem-peratury 40–110°C, z kolei druga mapa (spod adresu 1E722C) w za-kresie 5–70°C.

-	- (-, -) / -								
	40	50	60	70	80	90	100	110	
1750	10900	10900	10900	10400	10400	10000	9500	9000	-----
2000	11700	11700	11700	11200	11200	10700	10200	9700	-----
2250	12500	12500	12500	12000	12000	11500	11000	10500	-----
2500	13500	13500	13500	13000	13000	12500	12000	11500	-----
2750	14500	14500	14500	14000	13900	13400	12900	12400	-----
3000	15300	15300	15300	14800	14350	13850	13350	12850	-----
3250	16000	16000	16000	15250	15100	14600	14100	13600	-----
3500	16000	16000	16000	16000	15250	14750	14250	13750	-----

-	- (-, -) / -								
	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	
250	8000	8000	8000	8000	8350	10000	10000	10000	-----
750	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	-----
1000	7120	7120	7120	7120	7120	7120	7120	7120	-----
1250	8200	8200	8200	8200	8200	8200	8200	8200	-----
1500	9400	9400	9400	9400	9400	9400	9400	9400	-----
2000	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200	11200	-----
2500	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	13000	-----
2750	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000	-----
3000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	-----
3250	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	-----
3500	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	-----
5000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	-----

Rys. 20. Rail pressure limiter (wyżej 1E717E, niżej 1E722C) – przed zmianami



Rys. 21. Rail pressure limiter (wyżej 1E717E, niżej 1E722C) – po zmianach

### 3.11. Turbo boost limiter

Na koniec nie można zapomnieć o jeszcze jednej kwestii – limicie wartości doładowania turbo. Wartość ta znajduje się w fiacie pod adresem 1E1DAC. Podczas zmiany tej wartości koniecznie trzeba pamiętać o tym, że każda turbina ma inne doładowanie maksymalne, którego nie można przekroczyć. W tym przypadku przyjęta zostanie wartość 2620 hPa, jednocześnie jest to wartość o 100 hPa wyższa od najwyższej wartości doładowania turbo zapisanej w mapie.

Po wprowadzeniu zmian w mapach plik należy zapisać (najlepiej pod nową nazwą tak, by w razie problemów zachować oryginalny plik). Następnie przy użyciu programu MPPS wgrywamy dane do ECU silnika.

Po wprowadzeniu zmian w mapach przechodzimy do sprawdzenia efektów. Silnik pracuje gładko, nie słychać żadnych różnic. Zadymienie zwiększyło się nieznacznie, gdy silnik osiąga około 3500 obr/min.

**Tab. 1.** Wyniki osiągnięć fiata po sprawdzeniu efektów wprowadzonych zmian

Sprawdzone parametry	Przed zmianami	Po zmianach
czas rozpędzania się od 0 km/h do 100 km/h	9,5 s	9 s (skrócenie czasu o około 0,5 s)
czas osiągnięcia prędkości od 60 km/h do 100 km/h	5 s	4 s (skrócenie czasu o około 1 s)
czas osiągnięcia prędkości od 80 km/h do 120 km/h	6 s	5,5 s (skrócenie czasu o około 0,5 s)
czas osiągnięcia prędkości od 100 km/h do 140 km/h	7,5 s	6,8 s (skrócenie czasu o około 0,7 s)
średnie spalanie na trasie 100 km (przy ograniczeniu prędkości do 90 km/h)	5,2 l/100 km	4,5 l/100 km (zmniejszenie spalania o około 0,7 l/100 km)
średnie spalanie na trasie 100 km (przy ograniczeniu prędkości do 140 km/h)	6,8 l/100 km	6,2 l/100 km (zmniejszenie spalania o około 0,4 l/100 km)

Źródło: opracowanie własne.

## 4. Podsumowanie

Jak pokazało powyższe doświadczenie, zwiększenie mocy silnika nie zawsze wiąże się z negatywnymi skutkami. Działanie takie w większości przypadków ma na celu zmniejszenie spalania pojazdu przy jednoczesnym polepszeniu dynamiki. Jak każda rzecz ma swoje wady oraz zalety, jednak wachlarz korzyści jest wart ryzyka. Jeżeli modyfikacje będą przeprowadzone przez osobę doświadczoną i obeznaną w swoim fachu, ryzyko wystąpienia negatywnych skutków znacznie się zmniejsza. Należy zawsze pamiętać, by tego typu zmiany wprowadzać racjonalnie, a jeżeli nie jesteśmy czegoś pewni, najlepiej jest zasięgnąć opinii specjalisty.

Zwiększanie mocy dzieli się na kilka „poziomów”, w przypadku niniejszego artykułu jest to tzw. stage 1, czyli etap, w którym przyrost mocy wynosi do 30%, co nie szkodzi silnikowi, tzn.: nie wpływa na jego żywotność, sprawność podzespołów. Przy tak niewielkim ryzyku zyskujemy więcej możliwości – potrzebujemy mniej czasu podczas manewru wyprzedzania, co sprawia, że jazda takim pojazdem jest znacznie bezpieczniejsza. Ponadto, jak już wcześniej wspomniałam, spalanie paliwa oraz emisje szkodliwych związków do powietrza ulegają znacznemu zmniejszeniu, co przekłada się na korzyści ekonomiczne oraz ekologiczne.

Na koniec warto dodać, że proces zwiększania mocy jest procesem w pełni odwracalnym. Dlatego też, gdy tylko zechcemy, możliwe jest wgranie oryginalnej mapy i powrót do fabrycznej konfiguracji.

Jednocześnie podczas zakupu coraz więcej osób zwraca uwagę na moc pojazdu, co może mieć wpływ na skuteczność prowadzonej przez nas sprzedaży.

## Literatura

1. Boguta A.: *Elektroniczna modyfikacja parametrów pracy silnika samochodowego o zapłonie samoczynnym*, „Motrol Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa” 2011, (13), <https://bibliotekanauki.pl/articles/77675> [dostęp: 29.05.2023].
2. Kordziński C.: *Zwiększanie osiągnięć silników do samochodów i motocykli*, wyd. 2 uzup. i popr., Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1964.
3. Bell G.A.: *Modern Engine Tuning*, ed. 2, Heynes Publishing, 1997.
4. WordPress Theme by MH Themes, *Auto Repair Technician Home, EDC16 Tuning Maps Guide (1)*, <https://www.car-auto-repair.com/edc16-tuning-maps-guide/edc16-tuning-maps-guide-1/> [dostęp: 06.06.2023].
5. djalkanac [@djalkanac], *EDC16 (Tuning Guide)*, [w:] *ECUtools*, CARPRO d.o.o, Slovenia Reg. 2012, no. 6438628, 19, <https://www.ecuedit.com/edc16-tuning-guide-t494> [dostęp: 06.06.2023].
6. kriskb [@kriskb], *Alfa Romeo 159 1.9 JTD 120km*, [w:] *DigitalKaos-The Technology Specialists*, Jelsoft Enterprises Ltd., 4th May 2020, <https://www.digital-kaos.co.uk/forums/showthread.php/823637-Alfa-Romeo-159-1-9-JTD-120km> [dostęp: 06.06.2023].
7. deecho76 [@deecho76], *Alfa brera edc16c39 chiptuning please*, [w:] *DigitalKaos-The Technology Specialists*, Jelsoft Enterprises Ltd., 18th March, 2017, <https://www.digital-kaos.co.uk/forums/showthread.php/505672-8-alfa-brera-edc16c39-chiptuning-please/page2> [dostęp: 06.06.2023].
8. [alfa-brera-edc16c39-chiptuning-please/page2](https://www.digital-kaos.co.uk/forums/showthread.php/505672-8-alfa-brera-edc16c39-chiptuning-please/page2) [dostęp: 06.06.2023].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Zwiększanie mocy w wysokoprężnych silnikach diesla bez konieczności modyfikacji podzespołów: korzyści ekonomiczne, oszczędność paliwa i zmniejszona emisja**

W dzisiejszym świecie, w którym oszczędność paliw, efektywność energetyczna i troska o środowisko naturalne stają się coraz bardziej istotne, stale poszukujemy innowacyjnych rozwiązań, które pozwolą nam osiągnąć te cele. Wysokoprężne silniki diesla są jednym z najbardziej popularnych i powszechnie używanych źródeł napędu, szczególnie w sektorze transportu i przemysłu. Optymalizacja mocy tych silników bez konieczności dokonywania zmian w oryginalnych podzespołach otwiera nowe

perspektywy dla ekonomicznego i ekologicznego użytkowania tych urządzeń. Przy utrzymaniu niezmiennych podstawowych komponentów silnika możliwe jest zwiększenie mocy poprzez wprowadzenie zmian w jednostce sterującej zwanej engine control unit (w skrócie: ECU) [1, 3]. Modyfikacje w jednostkach sterujących odbywają się zazwyczaj poprzez wprowadzanie zmian w pamięci zewnętrznej programu, a dzieje się to najczęściej w układzie scalonym zwanym pamięcią Eprom lub Flash, niejednokrotnie modyfikuje się również pamięć mikrokontrolera. Takie rozwiązanie pozwala na efektywne wykorzystanie dostępnej energii, ograniczenie zużycia paliwa oraz redukcję emisji szkodliwych substancji do atmosfery. W niniejszym artykule przedstawiony został sposób zwiększenia mocy w wysokoprężnym silniku diesla bez konieczności dokonywania modyfikacji w jego oryginalnej konstrukcji. Zastosowanie takiego rozwiązania nie tylko przyczynia się do oszczędności paliwa i energii, ale także stanowi ważny krok w kierunku bardziej ekologicznego przyszłościowego transportu i przemysłu [2].

**Słowa kluczowe:** chip tuning, EDC16, zwiększanie mocy silnika, mapa, ECU, moc, zrównoważony rozwój, zużycie, emisje

### **Power Increase in Diesel Engines Without any Components Modification: Economic Benefits, Fuel Savings and Reduced Emissions of Pollutions**

In today's world, where fuel economy, energy efficiency and care for the natural environment are becoming more and more important, we are constantly looking for innovative solutions that will allow us to achieve these goals. Diesel engines are one of the most popular and widely used sources of propulsion, especially in the transport and industrial sectors. Optimizing the power of these engines without having to change the original components opens up new perspectives for the economic and ecological use of these devices. While keeping the basic components of the engine unchanged, it is possible to increase power by making changes to the engine control unit (ECU for short). Modifications in control units usually take place by introducing changes to the external memory of the program, and this usually happens in an integrated circuit called Eprom or Flash memory, sometimes the microcontroller memory is also modified. This solution allows for effective use of available energy, reduction of fuel consumption and reduction of harmful emissions into the atmosphere. This article presents a way to increase the power of a diesel engine without the need to modify its original design. The use of such a solution not only contributes to fuel and energy savings, but also represents an important step towards a greener transport and industry of the future.

**Keywords:** chiptuning, EDC16, increasing engine power, maps, ECU, power, sustainability, consumption, emission





# Skuteczność chemii technicznej dla bezpiecznego usuwania korozji<sup>1</sup>

## ROZDZIAŁ 10

Weronika Jachuła | Politechnika Lubelska

Mariusz Śniadkowski | Politechnika Lubelska

## 1. Wstęp

Korozja to proces chemicznego rozkładu lub erozji materiałów, takich jak metale, spowodowany reakcją z otaczającym je środowiskiem [3, 7]. Jest to powszechny problem, zwłaszcza w przypadku metalowych konstrukcji pojazdów, instalacji przemysłowych i infrastruktury.

Najczęstszym typem korozji jest korozja elektrochemiczna, która wynika z reakcji elektrochemicznej między metalem a substancjami występującymi w środowisku. Głównym czynnikiem, który przyspiesza korozję, jest obecność wody lub wilgoci, która działa jako elektrolit, umożliwiając przepływ prądu między anodą (miejscem, gdzie zachodzi utlenianie metalu) a katodą (miejscem, gdzie zachodzi redukcja). W wyniku tej reakcji dochodzi do utraty masy metalu, powstawania osadów, utworzenia tlenków, soli lub innych związków chemicznych [7].

Korozja może przybierać różne formy, w zależności od rodzaju metalu i warunków środowiskowych. Niektóre powszechne typy korozji to [4]:

- Korozja powierzchniowa (zwana też korozją ogólną, równomierną): może objawiać się jako powierzchniowe plamy, wykwitry lub zmatowienie metalu.
- Korozja szczelinowa: występuje w ciasnych szczelinach lub pęknięciach, gdzie wilgoć i zanieczyszczenia mogą zalegać, utrzymując warunki korodujące.

---

<sup>1</sup> Materiał i badania zaczerpnięto z pracy dyplomowej obronionej na Wydziale Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej autorstwa W. Jachuły.

- Korozja międzyziarnowa (inaczej nazywana międzykrystaliczną): występuje wzdłuż granic ziaren metalu, często spowodowana nieodpowiednim składem chemicznym lub obróbką cieplną materiału.
- Korozja galwaniczna: występuje, gdy dwa różne metale są w kontakcie w obecności elektrolitu, co powoduje powstawanie prądu elektrycznego, który przyspiesza korozję jednego z metali.
- Korozja wżerowa: występuje, gdy korozja zachodzi w postaci głębokich i wąskich wgłębień na powierzchni metalu, spowodowanych działaniem agresywnych substancji chemicznych, takich jak kwas solny czy siarczan żelaza.
- Pęknięcie korozyjne: jest to rodzaj uszkodzenia, które występuje w wyniku działania korozji na metal, powodującego powstawanie pęknięć lub szczelin w strukturze materiału.
- Korozja erozyjna: występuje, gdy korozja jest przyspieszana przez oddziaływanie czynników mechanicznych, takich jak strumień cieczy, cząstki stałe czy turbulencje przepływu; powoduje to szybkie zużycie i erozję metalu na powierzchniach narażonych na tego rodzaju ścieranie.

Korozja ma negatywny wpływ nie tylko na wygląd, ale przede wszystkim na wytrzymałość i trwałość materiałów metalowych. Może prowadzić do zmniejszenia nośności konstrukcji, uszkodzenia urządzeń, awarii instalacji czy zagrożenia bezpieczeństwa [1, 6, 8]. Poza tym korozja może spowodować nieplanowane przestoje, awarie, zanieczyszczenie środowiska, a także zwiększyć koszty utrzymania i konserwacji maszyn [2, 5]. W usuwaniu korozji stosowane są metody mechaniczne, chemiczne, termiczne i elektrochemiczne.

Oczywiście metody usuwania korozji powinny być dobrane odpowiednio do rodzajów metalu lub skali korozji. Przed przystąpieniem do usuwania korozji konieczne jest dokładne określenie rodzaju i skali korozji, aby wybrać odpowiednią metodę i zapewnić bezpieczne usunięcie korozji bez naruszania struktury metalu lub ze zminimalizowaniem takiego efektu [3, 7].

W przedstawionej pracy skupiono się na badaniach, w których sprawdzano działanie czterech różnych środków usuwających korozję, tzw. odrdzewiaczy, na ośmiu rodzajach stali. Odrdzewiacze są to substancje lub preparaty chemiczne stosowane do usuwania korozji z powierzchni metalowych. Ich działanie polega na połączeniu się z korozją, rozpuszczeniu jej i stworzeniu cienkiej warstwy, która odetnie dopływ

tłenu do zabezpieczanej powierzchni, co zapobiega dalszemu korodowaniu. Zazwyczaj zawierają one silne kwasy lub związki chemiczne, które reagują z tlenkami żelaza, tworząc rozpuszczalne sole lub kompleksy chelatowe. Te produkty reakcji są łatwiejsze do usunięcia niż korozja i można je zmyć wodą lub innym środkiem czyszczącym. Natomiast działanie ochronne zawdzięczają zawarte w nich woski, epoksydy lub tłuszcze. Podstawowe składniki odrdzewiaczy to najczęściej kwas fosforowy, kwas solny, kwas siarkowy, kwas azotowy lub ich połączenia. Mogą również zawierać inhibitory korozji, które utrudniają powstawanie nowej korozji na oczyszczonej powierzchni metalu.

W przedmiotowych badaniach wykorzystano preparaty zawierające w swoim składzie związki molibdenu, które są dodawane do preparatów usuwających korozję ze względu na swoje właściwości antykorozyjne i odrdzewiające. Ponadto związki molibdenu w kontakcie z metalową powierzchnią reagują, tworząc warstwę ochronną, która zapobiega dalszemu utlenianiu i korozji metalu. Ta warstwa zapewnia barierę między metalem a czynnikami zewnętrznymi, takimi jak wilgoć i tlen, które są odpowiedzialne za powstawanie korozji.

Dodatkowo związki molibdenu mogą również działać jako inhibitory korozji, hamując reakcje elektrochemiczne, które prowadzą do korozji metalu. Chronią one metal przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska, dzięki czemu opóźniają proces korozji i utrzymują metal w lepszym stanie [7].

## 2. Podstawowe metody usuwania korozji

Dostępne są różne metody usuwania korozji, stosowane w zależności od jej rodzaju stopnia uszkodzenia i rodzaju metalu. Do podstawowych metod usuwania korozji zaliczamy:

- **Mechaniczne usuwanie korozji:**
  - **Szlifowanie** – metoda ta polega na używaniu narzędzi szlifierskich, takich jak szlifierki kątowe, szlifierki oscylacyjne lub papieru ściernego, do usunięcia korodowanej warstwy z powierzchni metalu. Szlifowanie jest skuteczne w przypadku lekkiej korozji lub powierzchniowych plam korozji.
  - **Piaskowanie** – metoda polegająca na skierowaniu strumienia ziaren piasku pod ciśnieniem na korodowaną powierzchnię.

Ziarna piasku usuwają korodowaną warstwę, odsłaniając czystą powierzchnię metalu. Ta metoda jest skuteczna w usuwaniu korozji o większej skali.

- **Chemiczne usuwanie korozji:**

- **Kwasowanie** – polega na stosowaniu kwasów (np. kwasu fosforowego lub kwasu solnego), aby rozpuścić korozję. Kwas jest nakładany na powierzchnię metalu, gdzie reaguje z korozją, rozpuszczając ją i umożliwiając jej usunięcie. Po zakończeniu procesu konieczne jest dokładne oczyszczenie powierzchni.
- **Ściąganie elektrochemiczne** – ta metoda wykorzystuje elektrochemiczne oddziaływanie, aby usunąć korozję. Metal, który ma być oczyszczony, jest zanurzony w elektrolicie, a następnie do powierzchni jest przykładane napięcie elektryczne. Proces elektrochemiczny powoduje rozpuszczenie korozji i odklejenie jej od metalu.

- **Metody termiczne:**

- **Spalanie** – korozja może być usuwana poprzez podgrzewanie powierzchni metalu do wysokiej temperatury przy użyciu palnika lub innych źródeł ciepła. Wysoka temperatura powoduje odparowanie i rozkład korodowanej warstwy, pozostawiając czystą powierzchnię metalu. Ta metoda jest skuteczna w usuwaniu korozji, która nie jest mocno przytwierdzona do powierzchni metalu.
- **Podgrzanie lutownicą** – metoda ta jest stosowana w przypadku korozji na małych lub precyzyjnych elementach. Polega na lokalnym podgrzewaniu korodowanej części za pomocą lutownicy, a następnie usunięciu korozji poprzez delikatne oczyszczenie lub szczotkowanie.

- **Metody elektrochemiczne:**

- **Elektroliza** – jest to proces, w którym skorodowane metalowe przedmioty są zanurzane w roztworze elektrolitu i poddawane elektryczności. Elektroliza powoduje migrację jonów i reakcje elektrochemiczne, które skutkują usunięciem korozji z powierzchni metalu. Ta metoda jest skuteczna w przypadku korozji zanurzonej lub obecnej na trudno dostępnych powierzchniach.

Wobec powyższego rdzę można usunąć na różne sposoby. Wybór metody związany jest z ilością nalotu, czasem oraz poniesionymi kosz-

tami. Zaletą preparatów chemicznych do odrdzewiania jest ich wysoka skuteczność bezpośrednio po aplikacji. Zatem uwaga zostanie zwrócona na popularne i dostępne na rynku środki do odrdzewiania metali.

### 3. Dobór próbek badawczych

Do badań przygotowanych zostało osiem próbek z różnych popularnych rodzajów stali, które pozostawiono bez zabezpieczenia i bez okrycia przed warunkami atmosferycznymi dłużej niż miesiąc.

Rodzaje stali, które zostały uwzględnione w badaniach, to:

- 1.5026 – jest to stal sprężynowa chromowo-krzemowa, która charakteryzuje się wysoką hartownością. Stosuje się ją głównie w resorach, silnie obciążonych sprężynach czy też drążkach skrętnych.
- 1.2379 – ledeburyticzna, chromowa stal narzędziowa najwyższej jakości. Charakteryzuje się bardzo dobrą hartownością, wysoką odpornością na ścieranie i niewielką skłonnością do odkształceń. Stal ta jest stosowana do produkcji narzędzi, wymagających większej ciągliwości, np. frezów czy narzędzi do tłoczenia i wyciskania.
- 1.0562 – jest to stal stopowa o podwyższonej wytrzymałości, wykorzystywana do konstrukcji budowlanych, rur ciśnieniowych czy też siatek i prętów zbrojeniowych.
- 1.7131 – stal do nawęglania, znajdująca zastosowanie m.in. w wałkach rozrzędu, kołach zębatych czy też sworzniach, których wytrzymałość rdzenia musi być zwiększona.
- 1.0503 – stal konstrukcyjna wyższej jakości, która cechuje się dużą wytrzymałością przy zachowaniu znacznej ciągliwości. Najczęściej jest wykorzystywana do produkcji elementów pomocniczych narzędzi, wałów korbowych oraz kół zębatych.
- 1.7225 – jest to stal do ulepszania cieplnego, która charakteryzuje się wysoką odpornością na ścieranie i wytrzymałością. Stosuje się ją głównie w elementach o dużej wytrzymałości i ciągliwości, np. kołach zębatych, wałach.
- 1.2842 – stal narzędziowa o dużej hartowności, wysokiej odporności na odkształcenia i średniej podatności na ścieranie. Wykorzystywana jest przede wszystkim do produkcji sprawdzianów i narzędzi pomiarowych czy też wykrojników, stempli do blach o grubości do 5 mm oraz frezów do drewna.

- 1.2063– jest to stal narzędziowa o dużej twardości i odporności na ścieranie. Jej główne zastosowania obejmują narzędzia i przyrządy do skrawania i cięcia o grubości do 15 mm, czyli m.in. gwintowniki, wiertła maszynowe oraz płyty tnące wykrojników.

Każda z próbek została z jednej strony opisana swoim symbolem tak, by nie doszło do pomyłki. Wszystkie znaki poza symbolami nie mają znaczenia – zostały one wykonane przed odebraniem stali z przedsiębiorstwa. Opisy prezentują się tak, jak na poniższej fotografii.



Rys. 1. Fotografia badanych próbek.

Źródło: wszystkie zdjęcia wykorzystane w artykule zostały wykonane przez jego autorów

#### 4. Wybór środków odrdzewiających

Na rynku dostępnych jest wiele preparatów chemicznych do usuwania korozji, zatem wybór odrdzewiacza nie jest zadaniem prostym. Dlatego wykorzystano ranking preparatów zamieszczony na stronie autoklubdzki.pl, jego autorzy wskazują ich zdaniem najbardziej skuteczne i dostępne na rynku preparaty (rys. 2).





Pierwszy środek to odrdzewiacz Rost-Of Plus marki Wurth. Zawiera on płynny związek metalo-organiczny molibdenu, dzięki czemu nie występuje strącanie. Ponadto jest on bezpieczny dla kauczuku i uszczeltek, nie zawiera kwasów czy żywic.

Drugim środkiem jest odrdzewiacz Super Rapid S410 marki Forch. Jest to chemia wykonana na bazie olejów mineralnych z dodatkiem dwusiarczku molibdenu (MoS<sub>2</sub>).

Trzecim odrdzewiaczem jest Boll Rust Shock Spray. Środek ten, jak poprzedni, zawiera w swoim składzie olej mineralny z dodatkiem grafitu.

Czwartym, i zarazem ostatnim, środkiem jest odrdzewiacz Penetrating Oil marki Valvoline.

Również posiada w swoim składzie dwusiarczek molibdenu.

Lp.	Zdjęcie	Nazwa	Cena	Opinie	Producent	Rodzaj
1		Odrdzewiacz ROST-OFF PLUS WURTH	Aktualna cena	★★★★★ 1 opinia		Odrdzewiacz
2		Odrdzewiacz Super Rapid S410 300ml FORCH	Aktualna cena	★★★★★ 1 opinia		Odrdzewiacz
3		BOLL ODRDZEWIACZ RUST SHOCK SPRAY ZIMNY SZOK	Aktualna cena	★★★★★ 1 opinia		Odrdzewiacz
4		VALVOLINE ODRDZEWIACZ PENETRATING OIL MOSZ	Aktualna cena	★★★★★ 1 opinia		Odrdzewiacz

Rys. 2. Ranking odrdzewiaczy zamieszczony na stronie autoklublodzki.pl [9]

Mikroskopem wykorzystanym do analiz podczas badań jest mikroskop metalograficzny Delta Optical MET-200 RF. Umożliwia on obserwację nieprzezroczystych próbek w odbitym świetle w jasnym polu oraz świetle spolaryzowanym o zakresach powiększenia 40–400 ×, ewentualnie do 1000 ×. Obecność trzeciego toru optycznego pozwala na podłączenie aparatu fotograficznego lub kamery mikroskopowej. Jest on wyposażony w oświetlacz EPI typu Koehlera, który pozwala na obserwację w świetle odbitym, oraz oświetlacz DIA, dzięki któremu możliwa jest obserwacja w przechodzącym świetle. Godne uwagi są również wysokiej jakości obiektywy planachromatyczne 4 ×, 10 × oraz 40 ×, które są korygowane do pracy bez konieczności użycia szkiełek nakrywkowych. Obraz z mikroskopu był widoczny na komputerze dzięki oprogramowaniu pinel-fox8 6001610. Do oprogramowania dołączona została kamera cyfrowa o określonych parametrach: rozdzielczość 4,92 MP (2569 × 1920 px), czujnik CMOS 1/2”, gwint C, USB 3.0.

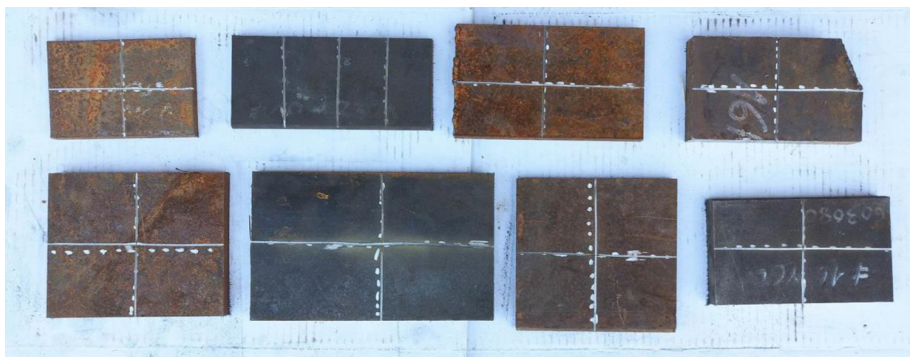




Rys. 3. Mikroskop metalograficzny Delta Optical MET-200 RF [10]

## 5. Badania skuteczności odrdzewiaczy

Badanie rozpoczęto od zaznaczenia miejsc do wykonania nacięć, a następnie wykonano nacięcia – wszystko po to, by jednoznacznie oddzielić stosowane preparaty. Efekt jest następujący:



Rys. 4. Nacięcia badanych próbek stali

Na każdej ze stali można zaobserwować wyraźną korozję powierzchniową, miejscami również wżerową.

Drugim krokiem było zastosowanie odrdzewiaczy. Każdy środek jest stosowany na innej części próbki:

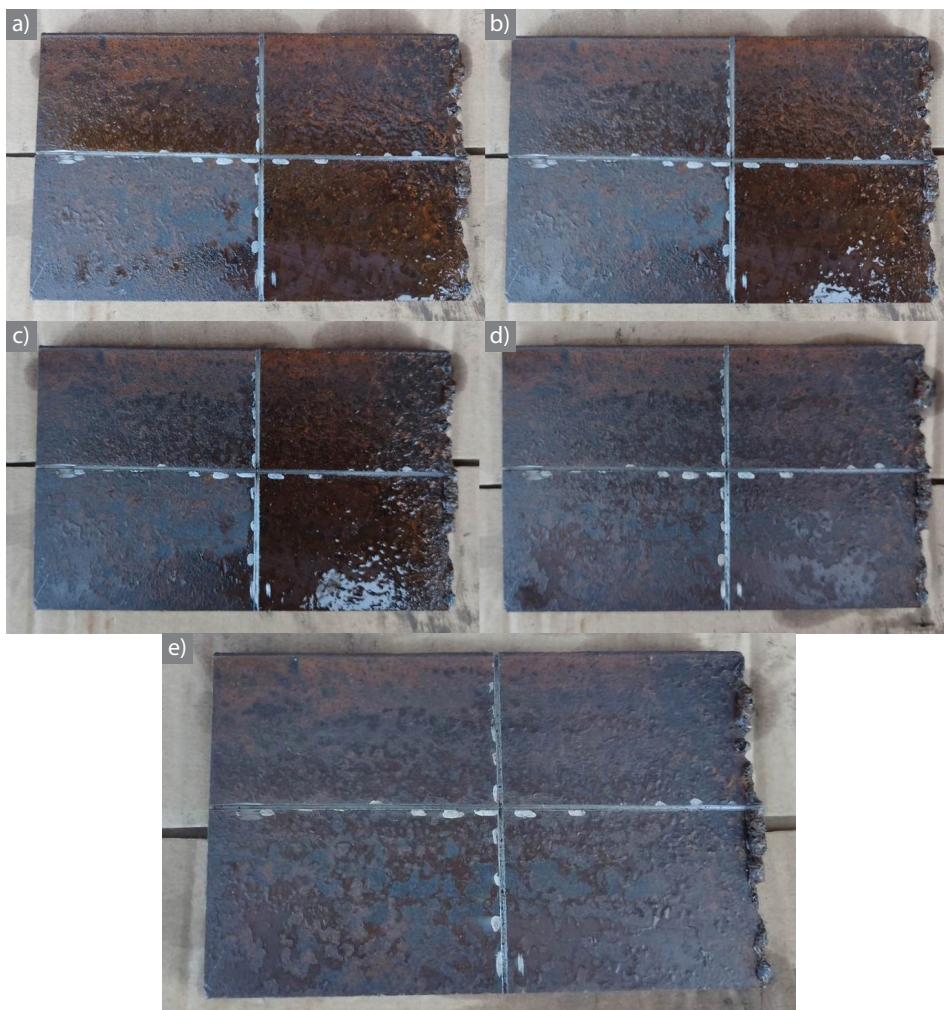
- lewy górny róg – Wurth,
- prawy górny róg – Forch,

- lewy dolny róg – Boll,
- prawy dolny róg – Valvoline.

Na każdej próbce została zastosowana ta sama sekwencja w kolejności wskazanej powyżej. Każdy producent podkreśla, by chemia była stosowana przez krótki czas, dlatego odstępy czasowe między wykonywaniem fotografii były jednakowe dla wszystkich z nich. Poza środkami ostrożności nie zostały określone żadne konkretne wytyczne dotyczące stosowania tych produktów.

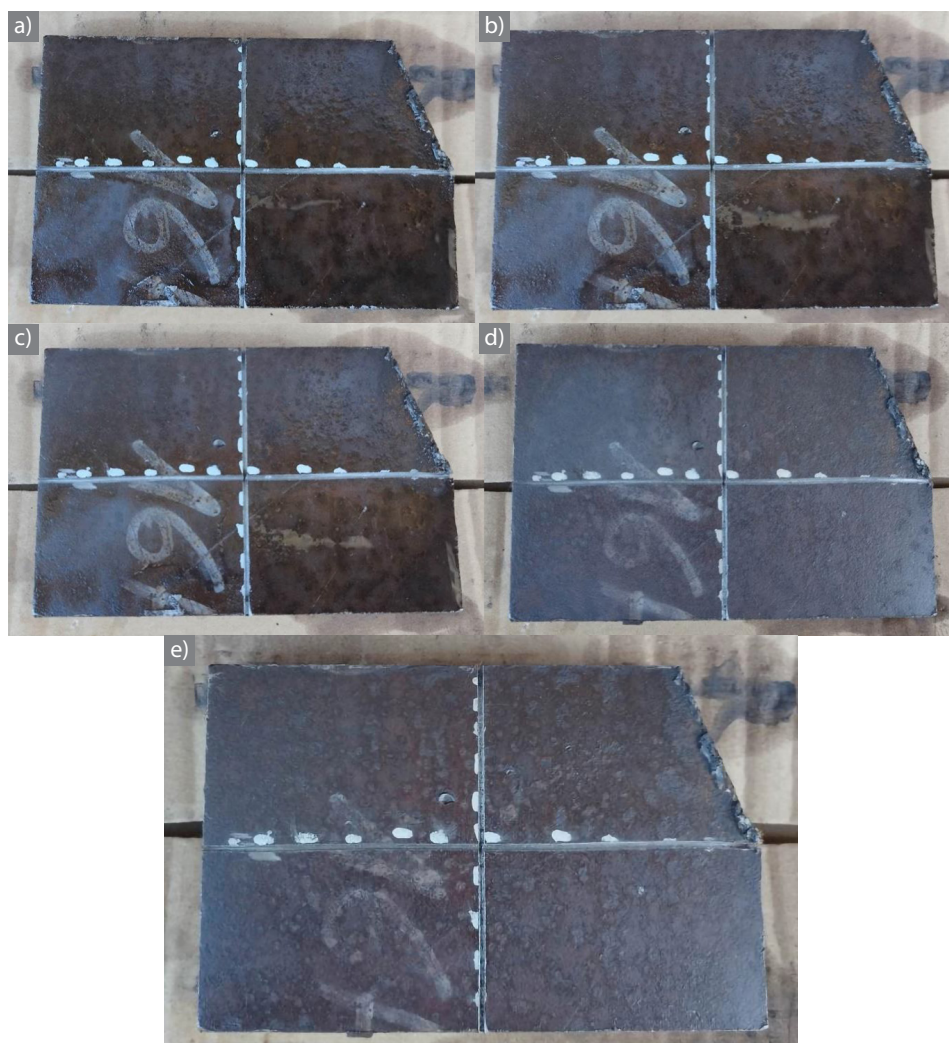
Chemia została zaaplikowana na wyznaczone części próbek. Po zastosowaniu ostatniego preparatu wykonano zdjęcia mikroskopem po upływie 3 min i 5 min. Po każdym z tych odstępów czasowych wykonane zostało zdjęcie mikroskopem. Następnie stal została dokładnie wytarta suchą ściereczką, ponownie wykonana została fotografia i jeszcze raz każdy środek został zaaplikowany na część próbki, na której wcześniej się znajdował. Próbka pozostawiona była na godzinę i jeszcze raz dokładnie wycierana oraz fotografowana. Poniżej pokazane zostały fotografie z przebiegu badania czterech z ośmiu.

Pierwszym przykładem jest stal 1.0562.



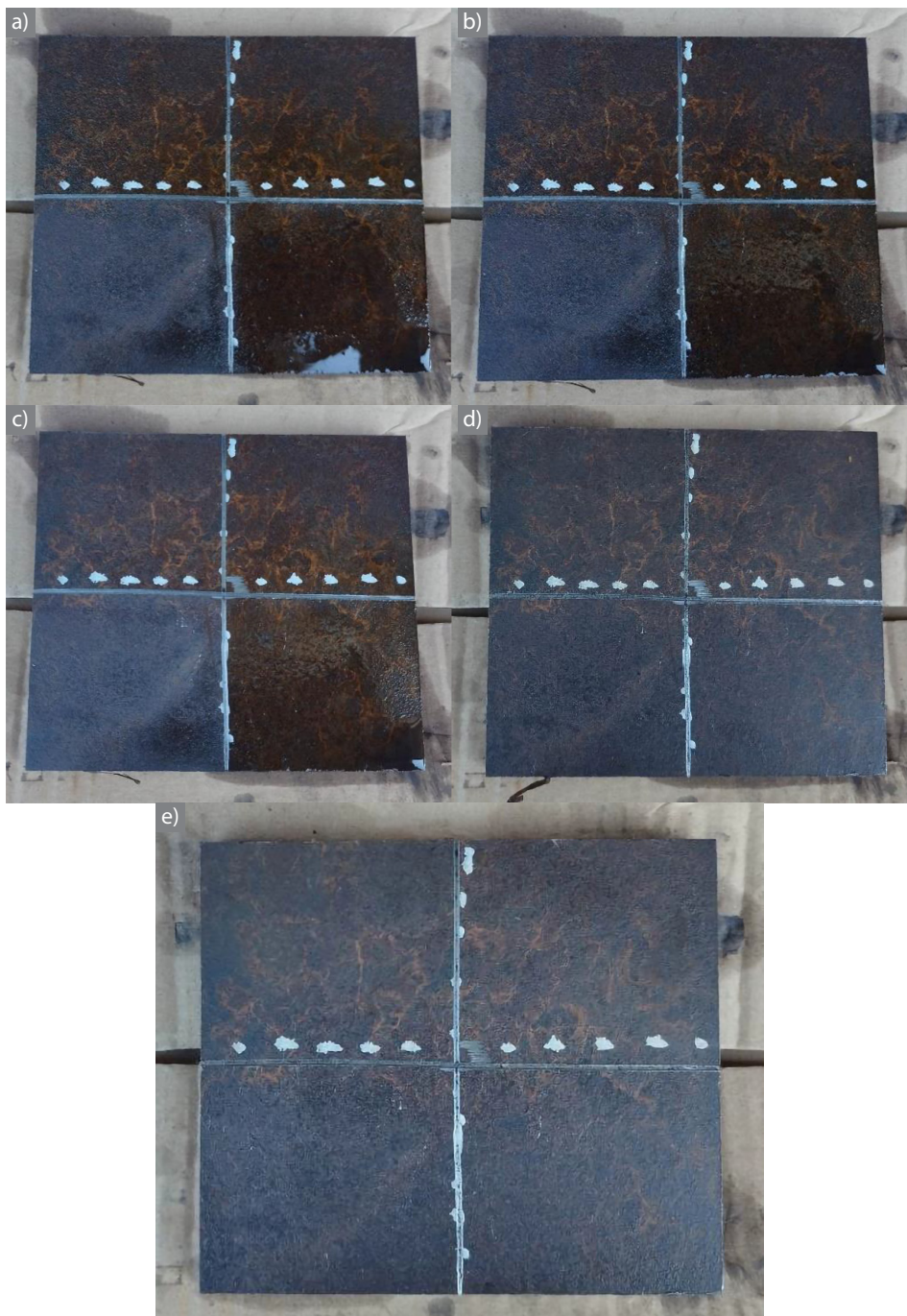
**Rys. 5.** Stal 1.0562 a) po 1 min, b) po 3 min, c) po 5 min, d) po pierwszym wytarciu, e) po drugim wytarciu

Niżej pokazana jest stal 1.7131.



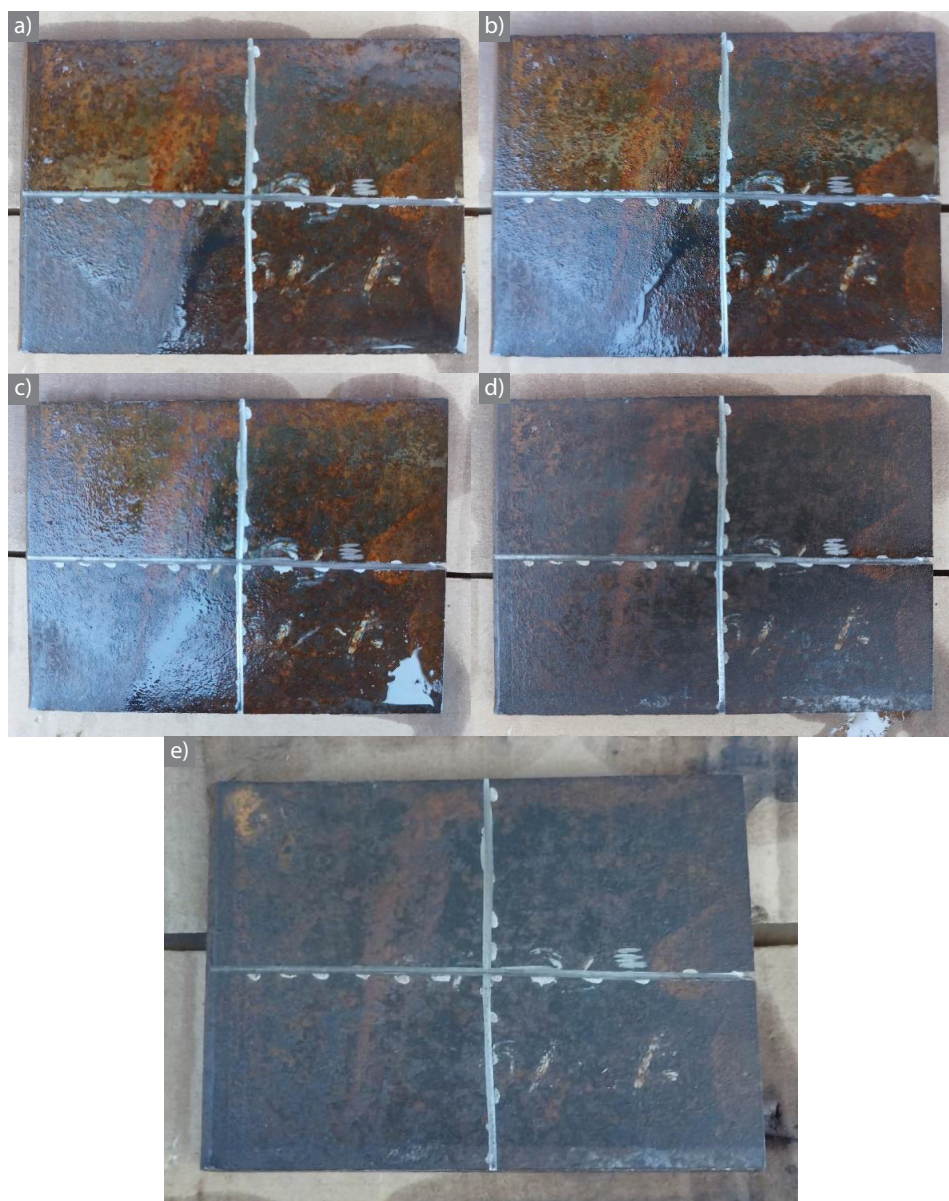
Rys. 6. Stal 1.7131 a) po 1 min, b) po 3 min, c) po 5 min, d) po pierwszym wytarciu, e) po drugim wytarciu

Trzecią pokazaną próbką jest stal 1.7225.



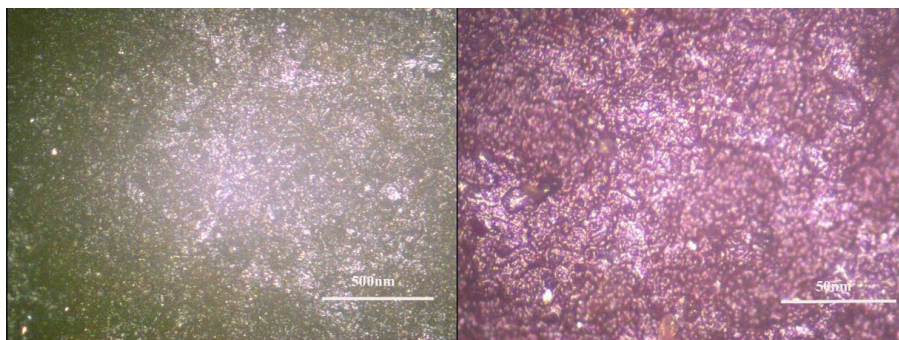
Rys. 7. Stal 1.7225, a) po 1 min, b) po 3 min, c) po 5 min, d) po pierwszym wytarciu, e) po drugim wytarciu

Ostatnia pokazana próbka to stal 1.5026.



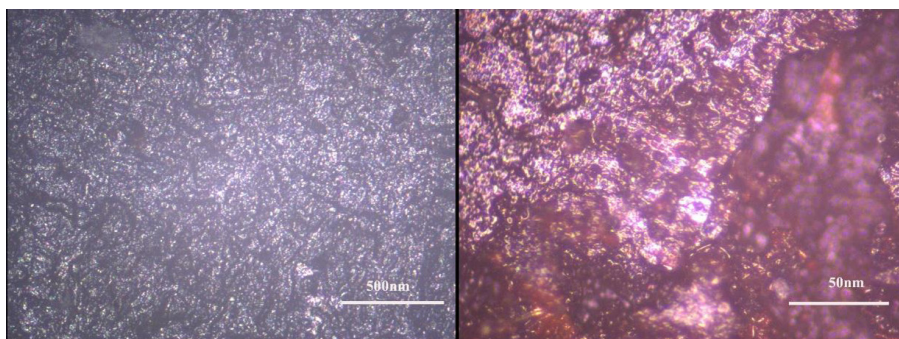
**Rys. 8.** Stal 1.5026 a) po 1 min, b) po 3 min, c) po 5 min, d) po pierwszym wytarciu, e) po drugim wytarciu

Pod mikroskopem została zbadana próbka stali 1.7225. Przed badaniem próbka wyglądała następująco:

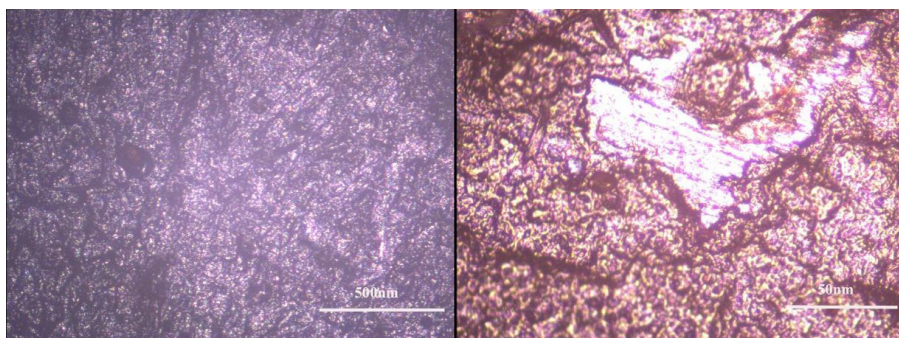


**Rys. 9.** Stal 40HM przed badaniem, od lewej: powiększenie 10 x, powiększenie 40 x

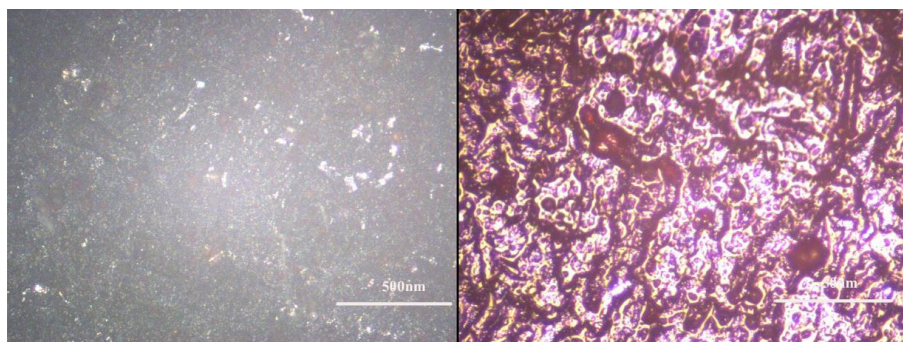
Po zastosowaniu chemii próbka wyglądała następująco:



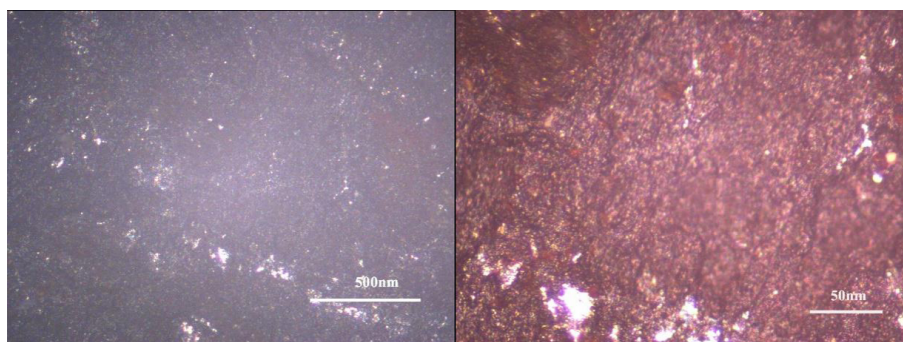
**Rys. 10.** Stal 1.7225 – pierwszy preparat, od lewej: powiększenie 10 x, powiększenie 40 x



**Rys. 11.** Stal 1.7225 – drugi preparat, od lewej: powiększenie 10 x powiększenie 40 x



**Rys. 12.** Stal 1.7225 – trzeci preparat, od lewej: powiększenie 10 ×, powiększenie 40 ×



**Rys. 13.** Stal 1.7225 – czwarty preparat, od lewej: powiększenie 10 ×, powiększenie 40 ×

Jak możemy zauważyć, mimo osiągnięcia pewnego sukcesu w usuwaniu korozji, nadal jest ona widoczna na badanych stalowych próbek. Najlepsze efekty przyniósł trzeci środek – Boll Rust Shock Spray, gdyż po jego zastosowaniu udało się usunąć najwięcej korozji. Na wyróżnienie zasługuje również Valvoline Penetrating Oil, którego lekko tłusta powłoka ochronna utrzymała się najdłużej.

Przeprowadzone badania jednoznacznie dowodzą, że środki chemiczne na korozję nie są wystarczające do jej całkowitego usunięcia, mogą jednak wspomagać ten proces. Zatem odrdzewiacze nie powinny być rekomendowane jako samodzielne środki do całkowitego usuwania korozji. W przypadku poważnych przypadków korozji konieczne okazuje się zastosowanie innych metod, takich jak piaskowanie czy szlifowanie.



## 6. Podsumowanie

Środki chemiczne stosowane na korozję nie zapewnią jej całkowitego usunięcia, a jedynie mogą pomóc w tym procesie. Zastosowanie popularnych preparatów do usuwania korozji pozwala osiągnąć lepszy efekt, jeżeli połączymy działanie chemii z metodami mechanicznymi.

Każdy z analizowanych preparatów działa podobnie, jednak podczas badania najlepiej sprawdził się środek marki Boll, którego efekt jest dobrze widoczny na próbce zarówno pod mikroskopem, jak i bez mikroskopu.

Bez wątpienia odrdzewiacze mogą być wykorzystane jako skuteczny środek do natłuszczania, do doraźnego smarowania i ochrony powierzchni metalowych przed korozją. Ich właściwości natłuszczające mogą pomóc w zapobieganiu korozji i utrzymaniu stali w dobrym stanie.

Skuteczność odrdzewiaczy jest różna, zależy od rodzaju stali i stopnia korozji. Przeprowadzone badania wykazały, że nie wszystkie stopy metali reagują jednakowo na takie preparaty. Dlatego zawsze warto przeprowadzić próbę na małej, niewidocznej powierzchni przed zastosowaniem odrdzewiacza, aby ocenić jego skuteczność i zgodność z danym materiałem.

Od początku należy zadbać o zabezpieczanie antykorozyjne metali, za pomocą takich środków jak malowanie, cynkowanie, pokrywanie specjalnymi powłokami ochronnymi, a także monitorowanie i konserwacja regularnie narażonych na korozję powierzchni.

## Literatura

1. Beaulieu L.V., Legeron F., Langlois S.: *Compression Strength of Corroded Steel Angle Members*, „Journal of Constructional Steel Research” 2010, vol. 66, s. 1366–1373.
2. Chen Y., Zhang H., Zhang J., Liu X., Li X., Zhou J.: *Failure Assessment of X80 Pipeline with Interacting Corrosion Defects*, „Engineering Failure Analysis” 2015, vol. 47, s. 67–76.
3. Jaroszyńska-Wolińska J.: *Chemistry of Construction Materials*, Polish Academy of Sciences Lublin Branch 2016.
4. Nieoczym A., Drozd K.: *Metodyka obliczeń, analiza wad technologicznych i synteza uszkodzeń eksploatacyjnych śrub*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2021.

5. Oszvald K., Tomka P., Dunai L.: *The remaining load-bearing capacity of corroded steel angle compression member*, „Journal of Constructional Steel Research” 2016, vol. 120, s. 188–198.
6. Robak A., *Analiza wpływu uszkodzeń eksploatacyjnych elementów konstrukcji rusztowań na ich nośność*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2020.
7. Surowska B., *Wybrane zagadnienia z korozji i ochrony przed korozją*, Politechnika Lubelska, Lublin 2002.
8. Zhang C., Rathnayaka S., Shannon B., Ji J., Kodikara J.: *Numerical Interpretation of Pressurized Corroded Cast Iron Pipe Tests*, „International Journal of Mechanical Sciences” 2017, vol. 128–129, s. 116–124.
9. AutoKlub Łódzki, *Chemia warsztatowa, rodzaj: odrdzewiacz – Ranking 2023*, [w:] <https://autoklublodzki.pl/chemia-warsztatowa-rodzaj-odrdzewiacz/> [dostęp: 05.02.2024].
10. Delta Optical, *Mikroskop metalograficzny Delta Optical MET-200-RF*, [w:] <https://deltaoptical.pl/mikroskop-metalograficzny-delta-optical-met-200-rf> [dostęp: 05.02.2024].

## STRESZCZENIE / SUMMARY

### **Skuteczność chemii technicznej dla bezpiecznego usuwania korozji**

Korozja jest jedną z podstawowych przyczyn niszczenia materiałów metalowych i problemem występującym w przemyśle, prowadzi do znaczących strat ekonomicznych i potencjalnego zagrożenia dla bezpieczeństwa. Z tego powodu badania nad skutecznymi metodami usuwania korozji oraz zabezpieczania powierzchni metalowych są niezwykle istotne. W przedstawionym opracowaniu skoncentrowano się na analizie skuteczności działania chemii technicznej służącej do usuwania korozji w zależności od materiału, a konkretnie różnic w działaniu preparatów usuwających korozję w zależności od badanej stali.

**Słowa kluczowe:** korozja, odrdzewiacz, chemia techniczna, usuwanie korozji

### **Effectiveness of Technical Chemistry for Safe Corrosion Removal**

Corrosion is one of the primary causes of deterioration of metal materials and a problem that occurs in industry, leading to significant economic losses and potential safety hazards. For this reason, research into effective methods of removing corrosion and protecting metal surfaces is vital. The paper presented here focuses on analysing the effectiveness of technical chemistry for corrosion removal depending on the material, specifically, the differences in the performance of corrosion removal formulations depending on the steel under study.

**Keywords:** corrosion, rust remover, technical chemistry, corrosion removal



## Dr hab. inż. Dorota Wójcicka-Migasiuk, prof. PL

Pracę zawodową rozpoczęła w 1983 r. w Przedsiębiorstwie Instalacji Przemysłowych „Instal” w Lublinie, gdzie uzyskała uprawnienia zawodowe oraz uprawnienia tłumacza technicznego NOT z języka angielskiego. Pracowała jako tłumacz w Zespole Usług Technicznych NOT w Lublinie.

W 1989 r. została zatrudniona w Politechnice Lubelskiej na Wydziale Elektrycznym, gdzie jako specjalista zajmowała się również współpracą międzynarodową. Uzyskała dyplom Cambridge University School of English – Certificate in Advanced English. Odbiła staż zagraniczne w University of Wales College of Cardiff. Podjęła badania w zakresie wykorzystania energii słonecznej oraz współpracę z amerykańskim Institute of Health Education and Human Welfare (United States Virgin Islands) i Katedrą Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa, na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW.

Uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie budownictwa w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, a następnie została adiunktem na Wydziale Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej, w Katedrze Ogrzewnictwa Wentylacji i Automatykacji. Prowadziła prace dotyczące kształcenia zawodowego inżynierów różnych specjalności w ramach programu Leonardo da Vinci.

W 2003 r. została powołana na eksperta ds. oceny wniosków badawczych programów ramowych UE. Do chwili obecnej oceniła ponad 250 wniosków w Brukseli oraz kilkakrotnie pracowała jako recenzent projektów realizowanych w krajach europejskich. Od 2007 r. pracuje na Wydziale Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej, gdzie uzyskała stopień doktora habilitowanego, została mianowana stanowisko na profesora uczelni, a w latach 2012–2023 pełniła funkcje prodziekana i dziekana WPT. Prowadziła również badania w zakresie zrównoważonego rozwoju.

Jest autorką i współautorką ok. 120 prac naukowych, w tym trzech samodzielnych monografii. Była też opiekunem ok. 150 prac dyplomowych. Jest członkiem kilku towarzystw naukowych, m.in.: Polskiego Towarzystwa Energetyki Słonecznej, Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego, Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych NOT w Lublinie. Wielokrotnie otrzymała medale państwowe oraz nagrody Rektora Politechniki Lubelskiej.

ISBN 978-83-7947-585-8



9 788379 475858



WYDAWNICTWO  
POLITECHNIKI  
LUBELSKIEJ