



# A PARADIGM DESCRIPTION OF VIRTUAL REALITY AND ITS POSSIBLE APPLICATIONS IN PSYCHIATRY

## OPIS PARADYGMATU WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI I MOŻLIWOŚCI JEJ ZASTOSOWANIA W PSYCHIATRII

Dawid Kruk<sup>1</sup>, Dagmara Mętel<sup>2</sup>, Andrzej Cechnicki<sup>2</sup>

Correspondence to/

Adres do korespondencji:

Prof. Andrzej Cechnicki  
Department of Community Psychiatry  
Chair of Psychiatry  
Jagiellonian University Medical College  
Pl. Sikorskiego 2/8  
31-115 Cracow, Poland  
e-mail: [andrzej.cechnicki@uj.edu.pl](mailto:andrzej.cechnicki@uj.edu.pl)

Submitted/Otrzymano: 24.11.2018

Accepted/Przyjęto do druku: 21.01.2019

<sup>1</sup>Psychosis Research and Psychotherapy Unit, Association for the Development of Community Psychiatry and Care, Cracow, Poland

<sup>2</sup>Department of Community Psychiatry, Chair of Psychiatry, Jagiellonian University Medical College, Cracow, Poland

<sup>1</sup>Pracownia Badań nad Schizofrenią, Stowarzyszenie na Rzecz Rozwoju Psychiatrii i Opieki Środowiskowej, Kraków, Polska

<sup>2</sup>Zakład Psychiatrii Środowiskowej, Katedra Psychiatrii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, Polska

### Abstract

**Purpose:** Virtual reality (VR) is a relatively new technology that has been used in psychiatric research on various types of mental disorders, including psychotic disorders, for over 25 years. The authors of this article present the aims and assumptions of virtual reality use, its most important theoretical concepts, key concepts, technology characteristics, as well as virtual environments, social interactions that occur within them, ethical aspects, safety issues and adverse effects related to VR.

**Views:** The authors discuss basic concepts of the VR environment and its impact on the users. They remain sensitive to ethical aspects related to research that use this technology. They describe certain specificities of virtual environments, the impact of their quality on the recipients and the conditions that have to be met in order to have an effective impact on them. They analyse research on the safety of VR for healthy individuals and psychiatric patients and present possible side effects. They discuss virtual embodiment techniques, the characteristics of social interactions in the virtual world and the possibilities of conducting research with the use of this environment.

**Conclusions:** Virtual reality is a relatively safe method, not causing many undesirable effects. However, ethical aspects related to long-term threats require further research. It enables ecologically valid research to be conducted while maintaining a high level of standardization. The mapping of simple social interactions is relatively accurate, even with the use of non-photorealistic virtual environments. The possibility of creating virtual embodiment illusions opens new research perspectives.

**Key words:** virtual reality, paradigm description, presence.

### Streszczenie

**Cel:** Wirtualna rzeczywistość (*virtual reality* – VR) to technologia, która od ponad 25 lat wykorzystywana jest w psychiatrii do badań nad różnymi zaburzeniami psychicznymi, z uwzględnieniem zaburzeń psychotycznych. Autorzy przedstawiają cele i założenia zastosowania VR, najważniejsze zagadnienia teoretyczne, kluczowe pojęcia, charakterystykę technologii, wirtualne środowiska i zachodzące w nich interakcje społeczne, aspekty etyczne, bezpieczeństwo i działania niepożądane związane z wirtualną rzeczywistością.

**Poglądy:** Autorzy omawiają podstawowe pojęcia, kluczowe dla opisu środowiska VR i jego wpływu na użytkowników. Zwracają szczególną uwagę na aspekty etyczne związane z badaniami nad użyciem tej technologii. Opisują pewne swoistości wirtualnych środowisk, wpływ ich jakości na odbiorcę i warunki, które muszą zostać spełnione, aby skutecznie na niego oddziaływały. Analizują prace badawcze dotyczące bezpieczeństwa VR dla zdrowych osób i pacjentów psychiatrycznych oraz przedstawiają możliwe działania niepożądane. Omawiają techniki ucieleśnienia z awatarem, charakterystykę interakcji społecznych w świecie wirtualnym i możliwości prowadzenia badań z wykorzystaniem tego środowiska.

**Wnioski:** Wirtualna rzeczywistość wydaje się stosunkowo bezpieczną metodą, niewywołującą zbyt wielu krótkoterminowych działań niepożądanych, jednak aspekty etyczne związane z długofalowymi zagrożeniami wymagają dalszych badań. Umożliwia to

prowadzenie ekologicznie ważnych badań przy zachowaniu wysokiego poziomu standaryzacji. Odzworowanie prostych interakcji społecznych jest stosunkowo wierne, nawet przy wykorzystaniu niefotorealistycznych wirtualnych środowisk. Możliwość uzyskania iluzji ucieleśnienia z ciałem wirtualnego awatara otwiera nowe perspektywy badawcze.

**Słowa kluczowe:** wirtualna rzeczywistość, opis paradygmatu, obecność.

## INTRODUCTION

Virtual reality (VR) is a term which doesn't have an unequivocal definition. This term may be referred to the computer world, understood as "a reality that doesn't physically exist, but is created on the computer monitor so realistically, that it seems to be real" [1]. Using this definition when describing VR applications in psychiatry, one should take into account all the studies that use computer games, programs, and software, broadly defined. In this article the authors use a narrower meaning of the term, describing VR as a computer technology which enables an immersion in a complex environment, referring to the reality by means of various devices transmitting different types of stimuli, received by one or more of the user's senses, usually by sight and hearing. The paper's objective is to describe immersive virtual reality, experienced usually by head mounted display (HMD). HMD consists of two small digital screens which display the image separately for each eye, which creates an impression of three-dimensional space. The image is displayed in real time and is customized to the user's head movements, displaying an adequate part of the virtual environment. At the same time, HMD obscures the user's eyes, which completely isolates him or her from the real world. Stereo sound is provided by the speakers, enhancing the illusion of reality. The second most popular way of presenting VR-content is the CAVE system (cave automatic virtual environment) [2]. In this system, the user stays in a small cubic room with a digital projector which displays the image on the walls and ceiling. The 3D effect is achieved with the use 3D glasses. It has been proved that the CAVE system is much more immersive than the more popular HMD [3]. To the contrary, Mel Slater, one of the greatest experts in VR, claims that a system is more immersive when it can simulate more types of perception than another system [4]. Under this reasoning, CAVE doesn't provide the ability to simulate the virtual representation of the participant's body – the participant will see his own real body. Furthermore, the cost of building CAVE is extremely high in comparison with the cost of HMD, which has become more available over the last few years, and its price is comparable to that of a high-end smartphone.

## WPROWADZENIE

Wirtualna rzeczywistość (*virtual reality* – VR) to termin, który nie ma jednej definicji. Pojęcie to można odnieść do świata komputerowego, czyli „rzeczywistości nieistniejącej fizycznie, ale stworzonej na ekranie komputera w sposób tak realistyczny, że wydaje się rzeczywista” [1]. Posługując się takim rozumieniem tego terminu, w opisie zastosowania VR w psychiatrii należałoby uwzględnić wszystkie badania z użyciem gier, programów komputerowych i szeroko pojętego software'u. W artykule autorki posługują się węższym znaczeniem terminu VR jako technologii komputerowej umożliwiającej zanurzenie (*immersion*) w kompleksowe środowiska nawiązujące do rzeczywistości za pomocą urządzeń transmitujących różne typy bodźców odbieranych przez jeden lub kilka zmysłów użytkownika, zwykle wzrok i słuch. Celem pracy jest przybliżenie „immersyjnej rzeczywistości wirtualnej”, doświadczanej najczęściej za pomocą specjalnych gogli i słuchawek (*head mounted display* – HMD). Za pomocą gogli zawierających dwa małe ekrany zostaje wyświetlany obraz, nieznacznie różny dla każdego oka, co sprawia wrażenie trójwymiarowej przestrzeni. Jednocześnie gogle zasłaniają całkowicie oczy użytkownika, co izoluje go od realnego świata. Obraz jest wyświetlany w czasie rzeczywistym, dostosowując się do ruchów głowy użytkownika, wyświetlając na bieżąco odpowiedni fragment wirtualnego świata. Jednocześnie słuchawki dostarczają odbiorcy dźwięk stereo, wzmacniając iluzję realności. Drugim najpopularniejszym sposobem prezentacji treści VR jest system CAVE [2]. W tym systemie użytkownik znajduje się w małym kwadratowym pomieszczeniu, na ściany którego (zwykle na 5 z 6 płaszczyzn) jest projektowany obraz. Efekt trójwymiarowości uzyskuje się dzięki okularom 3D. Wykazano, że system CAVE jest znacznie bardziej immersyjny od popularnych gogli VR (HMD) [3]. Mel Slater, jeden z największych ekspertów w dziedzinie VR, uważa jednak, że dany system jest bardziej immersyjny, jeśli potrafi symulować więcej doznań niż inny system [4]. Idąc tym tropem, w systemie CAVE nie ma możliwości stworzenia iluzji wirtualnej reprezentacji ciała uczestnika – uczestnik będzie widział swoje prawdziwe ciało. Ponadto koszt zbudowania systemu CAVE jest wysoki w porównaniu z kosztem urządzeń HMD, które w ciągu ostatnich lat stały się bardziej dostępne, a ich cena jest porównywalna z ceną dobrej klasy smartfona.

## IMMERSION, SENSE OF PRESENCE, INTERACTION

There are three important features concerning VR: immersion, sense of presence and interaction [5]. Immersion is the sensory context of the experienced reality, providing sensual stimuli that give the impression of being inside this reality. The immersion is achieved by a maximal removal of real life stimuli and by replacing them with stimuli from the virtual environment. Immersion is primarily influenced by the quality of the hardware: image resolution, refresh rate, surround sound. The more sensory stimuli of high quality the system provides, the higher their accuracy in relation to the real world. With infinitely high immersion, the human brain would not recognize the difference between a real and computer-created world [6]. The second determinant of VR – sense of presence – is regarded as a psychological perception of being in or existing in a virtual environment in which one is immersed. Presence is associated with a feeling of involvement in the virtual world and being a part of it. Sanchez-Vives and Slater [7] define presence as the extent to which people situated in a virtual environment react realistically, whereby the reaction should be understood broadly, from physiological arousal to emotional and behavioural reactions. Slater distinguishes two components of presence [8]: place illusion, i.e. the feeling of being in a place presented as virtual environment, and plausibility illusion – the degree of realness of a presented situation – i.e. to what extent things that happen would be expected in reality under similar circumstances. Presence is mainly influenced by the content of the experience – for example the possibility of natural interactions with avatars. Some researchers differentiate between the sense of presence with a spatial component – concerning self-localization and self-orientation in the VR environment, and the social component associated with the perceived presence of avatars<sup>1</sup> and the possibility of interacting with them [9]. It is also emphasized that presence depends not only on immersion, but also on the user's involvement [6, 10, 11]. Some consider involvement as one of the components of presence [12]. While immersion is commonly recognized as an objective term, the sense of presence is regarded by many researchers as subjective [13]. The third term, interaction, is related to the computer's ability to detect its user's actions and react to them in real time by responding to their commands, changing landscape, or adjusting virtual characters' reactions. Interaction is important for the sense of presence. The possibility of interacting with the environment, even in an unnatural way (for example by

<sup>1</sup> An avatar is a virtual person, which is to remain a human being in terms of appearance and behavior.

## IMMERSJA, POCZUCIE OBECNOŚCI I INTERAKCJA

O VR stanowią trzy cechy: immersja (*immersion*), poczucie obecności i interakcja [5]. Immersja to sensoryczny kontekst doświadczanej rzeczywistości dostarczający bodźców zmysłowych, które sprawiają wrażenie bycia w tej rzeczywistości. Immersja jest osiągnięta poprzez maksymalne usunięcie doznań ze świata rzeczywistego i zastąpienie ich doznaniem ze środowiska wirtualnego (*virtual environment* – VE). Na immersję wpływa przede wszystkim jakość użytego sprzętu: rozdzielczość obrazu, szybkość odświeżania, przestrzenność dźwięku. Im więcej wysokiej jakości bodźców sensorycznych dostarcza system, tym lepsza ich wierność względem świata rzeczywistego. Przy nieskończonej wysokiej immersji nasz mózg nie widziałby różnicy między światem rzeczywistym a tym wykreowanym komputerowo [6]. Drugi wyznacznik VR – poczucie obecności (*sense of presence*) – jest uważany za psychologiczną percepcję „bycia w” czy „egzystowania w” środowisku wirtualnym, w którym jest się zanurzonym. Obecność wiąże się z poczuciem zaangażowania w wirtualny świat i bycia jego częścią. Sanchez-Vives i Slater [7] definiują obecność jako stopień, w którym ludzie przebywający w wirtualnym środowisku reagują realistycznie, przy czym reakcję należy rozumieć szeroko – od fizjologicznego pobudzenia do emocjonalnych i behawioralnych reakcji. Slater podkreśla dwie komponenty pojęcia obecności [8]: iluzję miejsca (*place illusion*), czyli uczucie znajdowania się w miejscu prezentowanym jako wirtualne środowisko, i iluzję prawdopodobieństwa (*plausibility illusion*), to jest stopień realności sytuacji prezentowanej w wirtualnym środowisku, czyli na ile to, co się dzieje, byłoby spodziewane w rzeczywistości w podobnych okolicznościach. Na obecność wpływa głównie treść doświadczenia, np. możliwość naturalnej interakcji z awatarami. Niektórzy badacze różnicują poczucie obecności na aspekt przestrzenny – dotyczący samolokalizacji i samoorientacji w środowisku VR, oraz aspekt społeczny – związany z postrzeganą obecnością awatarów<sup>1</sup> i możliwością interakcji z nimi [9]. Zwraca się też uwagę na fakt, że obecność jest zależna nie tylko od immersji, ale też od zaangażowania użytkownika [6, 10, 11]. Niektórzy uznają zaangażowanie za jeden ze składników obecności [12]. O ile immersja jest powszechnie uznawana za termin obiektywny, o tyle poczucie obecności jest przez wielu badaczy uważane za subiektywne [13]. Trzeci termin – interakcja – jest związany ze zdolnością komputera do wykrywania działań użytkownika i reakcji na nie w czasie rzeczywistym poprzez odpowiadanie na polecenia użytkownika, zmianę krajobrazu czy dostosowanie reakcji wirtualnych postaci. Interakcja ma duże znaczenie dla poczucia obecności. Możliwość interakcji ze

<sup>1</sup> Awatar to wirtualna postać mająca przypominać z wyglądu i zachowania człowieka.

controlling your avatar with your voice), results in a significant increase in the sense of presence. The realism of the environment relies not only on its appearance, but also on adequate reactions to the user's actions [14]. These three features make the possibilities of creating a reality seem infinite – actually comparable to the real world – and limited only by the imagination of the creators. VR, in a user-friendly way, provides situations that are unlikely or impossible to occur in the real context. Does it make sense to develop VR technology, when by using a computer and monitor alone you can also immerse yourself in a virtual world – for example in a computer game – and feel a part of it? It turns out it does. VR technology can be much more engaging than traditional audio-visual devices. In one of the papers reviewed [15], a correlation was found between increased EEG activity in the occipital lobes of the brain and the feeling of presence. This activity was higher in the group of users who used a highly immersive virtual environment, as compared to the ones who used the desktop version. In addition, the feeling of presence can be intensified in environments of which virtual people are a part, whether these are human avatars, i.e. avatars remotely controlled by people, or agent avatars, i.e. computer controlled avatars [16]. The computer-generated world, however, is not – as common sense would suggest – a perfect copy of the real world. Although VR can induce a strong feeling of presence, the intensity of emotional reactions in VR is not as pronounced as it is in reality [17]. There is no doubt, however, that the richer the social environment of VR, the more genuine the feeling of being a part of it, and the more intense the emotional reactions.

## EMBODIMENT

One of the most important factors that make the VR a qualitative leap as compared to other electronic media is the possibility of user embodiment. This is the same type of embodiment as is found in well-known rubber hand illusion experiments [18], but it applies to the whole body. Leggenhager *et al.* [19] conducted an experiment in which subjects using HMD saw a distant manikin's body ahead of them. The manikin was thereafter lightly stroked on the back, with a synchronous stroke on the subject's back (visual-tactile synchrony). As a result, the participants of the experiment experienced the illusion of being located in the body of the manikin<sup>2</sup>. In a similar experiment, subjects using HMD saw the manikin's body in a place where their body should be located. Simultaneous tactile stimulation of their bodies and visual stimulation of the manikin's body resulted in an illusion of ownership over the manikin's body [20].

<sup>2</sup> This is, however, a qualitatively different experience than the OOB (out-of-body experience).

środowiskiem, nawet w nienaturalny sposób (np. sterując własnym awatarem za pomocą głosu), skutkuje znaczącym wzrostem poczucia obecności. Realizm środowiska nie jest wyłącznie związany z jego wyglądem, ale także z adekwatnymi reakcjami na działania użytkownika [14]. Te trzy cechy sprawiają, że możliwości kreacji rzeczywistości wydają się nieskończone – właściwie porównywalne ze światem rzeczywistym, a ograniczone wyłącznie fantazją twórców. VR w bezpieczny dla użytkownika sposób dostarcza sytuacji mało prawdopodobnych lub niemożliwych do zaistnienia w rzeczywistym kontekście. Czy ma jednak sens rozwijanie technologii VR, skoro za pomocą samego tylko komputera i monitora również można zanurzyć się w wirtualny świat np. gry komputerowej i czuć się jego częścią? Okazuje się, że tak. Technologia VR może być znacznie bardziej angażująca od tradycyjnych urządzeń audiowizualnych. W jednej z prac [15] wykryto korelację między zwiększoną aktywnością w EEG w płatach potylicznych mózgu a uczuciem obecności. Aktywność ta była większa w grupie użytkowników wysoce immersyjnego środowiska wirtualnego w porównaniu z grupą użytkowników wersji desktopowej. Ponadto uczucie obecności może zostać wzmocnione w środowiskach, których częścią są wirtualni ludzie – czy to ludzkie awatary, czyli awatary zdalnie kontrolowane przez ludzi, czy agent awatary, czyli awatary sterowane przez komputer [16]. Świat kreowany komputerowo nie jest jednak – jak podpowiada zdrowy rozsądek – idealną kopią świata rzeczywistego. Pomimo że VR może wywoływać silne uczucie obecności, intensywność reakcji emocjonalnych w VR nie jest już tak wyraźna jak w rzeczywistości [17]. Nie ulega jednak wątpliwości, że im bogatsze społecznie środowisko VR, tym pełniejsze uczucie bycia w nim i intensywniejsze reakcje emocjonalne.

## UCIELEŚNIENIE (EMBODIMENT)

Jednym z najważniejszych czynników sprawiających, że VR stanowi skok jakościowy w stosunku do innych mediów elektronicznych jest możliwość ucieleśnienia uczestnika. Jest to tego samego typu ucieleśnienie co w znanych eksperymentach z gumową ręką (*rubber hand illusion*) [18], ale dotyczy ono całego ciała. Leggenhager i wsp. [19] przeprowadzili eksperyment, w którym badani za pomocą gogli HMD widzieli manekina w pewnej odległości przed sobą. Manekin był następnie lekko uderzany w plecy, z jednoczesnym synchronicznym uderzeniem ciała badanego w tym samym miejscu (stymulacja wzrokowo-dotykowa). W efekcie uczestnik eksperymentu doświadczał iluzji bycia w ciele manekina<sup>2</sup>. W podobnym eksperymencie badani widzieli w miejscu swojego ciała ciało manekina, co w połączeniu z synchroniczną stymulacją dotykową ich ciała i ciała manekina wywoływało iluzję

<sup>2</sup> Jest to jednak doświadczenie różne jakościowo od doświadczenia bycia poza ciałem (*out of body experience*).



The illusion was less pronounced when the stimulation of subjects' bodies and that of the manikin was asynchronous. In the next few studies, it was proved that there is a possibility of simulating an illusion of having additional or asymmetrical parts of the body – for example, an additional arm or one that is several times longer [21, 22]. Sanchez-Vives [23] has proved that it is not necessary to use visual-tactile stimulation to create an illusion of the ownership over the avatar's arm. It is enough to use visual-motor synchrony, which is obtained by putting on special gloves that track hand movements, which are simultaneously mapped in VR. On the other hand, Slater and Kokkinara [24] showed that using the first-person perspective, visual-motor synchrony gives a stronger illusion of body ownership than visual-tactile synchrony. The body tracking system described here is one of the newest advancements in VR technology, increasingly applied in research [25-29]. Usually it has the form of a costume for the whole body or its part. Every movement of the body is monitored and then mapped in the virtual space, which guarantees the visual-motor synchrony described above, and can be used to create a stronger illusion of virtual body ownership.

Another expansion in the possibilities of studies employing VR equipment is the use of EEG wave measurement. In one experiment, the participants saw their virtual hand being attacked with a knife, which elicited the same electrical response of the brain as in a real attack [30]. In another study, participants observed the movement of a virtual hand reaching for a cup – this movement was either correct or misplaced [26]. Some observed the hand from a third-person perspective, and some from a first-person perspective. The strong feeling of the embodiment over the avatar's body occurred only in the first person perspective. What is more, there were observable changes in ERN (error-related negativity), one of the components of evoked potentials, which is usually associated with detecting errors.

The possibility of virtual representation of the user's entire body constitutes one of the most important advantages of VR technology, compared to other types of user interface. In VR, one is no longer a user, but, as Slater [4] emphasizes, the participant who interacts with a VE. Additionally, the possibilities of embodiment are virtually limitless – the virtual body can be freely modified, or even changed into the body of a person of another sex, race etc., while maintaining the illusion of having this body. At this point, it is worth mentioning the Proteus effect, described for the first time by Yee and Bailenson [31]. This is a phenomenon that consists in changing the behavior and attitudes of a person in VE under the influence of the characteristics of its virtual character (avatar). For example, people using higher avatars showed greater self-confidence during social

posiadania ciała manekina [20]. Iluzja była mniejsza, gdy stymulacja dotykowa ciała badanego i manekina była asynchroniczna. W kilku następnych pracach udowodniono również, że istnieje możliwość iluzji posiadania dodatkowych albo niesymetrycznych części ciała, np. dodatkowej czy kilkakrotnie dłuższej ręki [21, 22]. Sanchez-Vives [23] udowodniła, że do wytworzenia iluzji posiadania ręki awatara nie jest konieczna stymulacja wzrokowo-dotykowa, ale wystarczy zastosować zsynchronizowaną stymulację wzrokowo-motoryczną, która jest uzyskiwana przez założenie specjalnych rękawiczek śledzących ruchy rąk, co równolegle jest odwzorowywane w VR. Z kolei Slater i Kokkinara [24] udowodnili, że przy zastosowaniu perspektywy pierwszej osoby synchronizacja wzrokowo-motoryczna daje silniejszą iluzję posiadania wirtualnego ciała niż synchroniczna stymulacja dotykowo-wzrokowa. Przytaczany tu system śledzenia ruchów ciała (*full body tracking system*) jest jednym z nowszych ulepszeń technologii VR, coraz częściej stosowanym w badaniach [25–29]. Zwykle ma postać kostiumu zakładanego na całe ciało lub jego część. Każdy ruch ciała jest monitorowany i następnie odwzorowywany w przestrzeni wirtualnej, co gwarantuje opisywaną powyżej synchroniczność wzrokowo-motoryczną i może być wykorzystane do wywołania silnej iluzji posiadania wirtualnego ciała.

Innym rozszerzeniem możliwości badań z wykorzystaniem sprzętu VR jest zastosowanie pomiaru fal EEG. W jednym z eksperymentów uczestnicy widzieli, jak ich wirtualna ręka jest atakowana nożem, co wywołało taką samą reakcję elektryczną mózgu jak przy rzeczywistym ataku [30]. W innym badaniu uczestnicy obserwowali ruch wirtualnej ręki sięgającej po kubek – ruch ten był albo prawidłowy, albo chybiony [26]. Część obserwowała rękę z perspektywy trzecioosobowej, a część pierwszoosobowej. Uczucie silnego ucieleśnienia z awatarem występowało tylko przy perspektywie pierwszoosobowej. Co więcej, zaobserwowano zmiany w ERN (*error-related negativity*), jednym z komponentów potencjałów wywoływanych, który jest zwykle związany z detekcją popełnianych błędów.

Możliwość wirtualnej reprezentacji całego ciała użytkownika stanowi jedną z najważniejszych zalet VR, w porównaniu z innymi typami komputerowych interfejsów użytkownika. W VR już nie użytkownik, ale, jak podkreśla Slater [4], uczestnik wchodzi w interakcję ze środowiskiem wirtualnym (VE). Co więcej, możliwości ucieleśnienia są praktycznie nieograniczone – wirtualne ciało może być dowolnie modyfikowane, a nawet zmieniane w ciało osoby innej płci, rasy itp., przy jednoczesnym zachowaniu iluzji posiadania tego ciała. W tym miejscu warto wspomnieć o opisanym po raz pierwszy przez Yee i Bailenson efekcie Proteusza. Jest to zjawisko polegające na zmianie zachowania i postaw osoby w wirtualnym środowisku pod wpływem charakterystyk jej wirtualnej postaci (awatara). Na przykład osoby przypisane do awatarów o wyższym wzroście przejawiały większą pewność siebie podczas

interaction, and people impersonating characters with an attractive appearance kept a smaller distance to other avatars [31]. Several examples of practical applications for the Proteus effect have already been found. A one-time embodiment of a black person's avatar caused a decrease in hidden racial biases in Caucasian participants [27, 28], and in one of the experiments the effect lasted for at least a week [28]. After embodying the perpetrators of violence against woman into a woman's body, and then experiencing a virtual assault, the participants made a progress in their recognition of women's emotions [29]. All the aforementioned experiments employed a full-body tracking system which enabled the achievement of visual-motor synchrony, without which the embodiment was practically absent. However, the Proteus effect poses a threat to the manipulation of VR users, because its effects go beyond the immersion experience in VE [32]. For example, people who were embodied in an avatar which was an older version of themselves later saved much more money for their future retirement [33].

## RELATIONS BETWEEN IMMERSION, PRESENCE AND EMOTIONAL REACTIONS

It is believed that the essential mediator necessary to activate emotions in the VE is the sense of presence [12]. In order to clarify possible doubts, we would like to point out that presence is understood as per the definition given at the beginning of the article. Some researchers using this concept of presence understand immersion, and some try to measure the presence using physiological parameters. However, physiological reactions are associated with emotional stimulation, so the operationalization of presence by means of physiological reactions would lead to confusion between these two variables [13].

### Immersion and presence

It has been shown that, as the level of immersion increases, the sense of presence increases [13]. In other words, the more sophisticated the VR system, the greater the immersion, and therefore the greater the presence. Of note is the fact that this relationship exists primarily in emotionally neutral environments. In a case of emotional involvement, the presence increases, but the relationship between immersion and presence decreases [13]. It was also pointed out that a higher immersion increases the sense of presence measured by means of questionnaires, but does not affect the physiological reactions [11]. On the other hand, the change of narrative solely to one that is more engaging for the user results both in an increase of the sense of presence and in physiological arousal, such as an increase in heart rate [11].

interakcji społecznych, a osoby wcielające się w postaci o atrakcyjnym wyglądzie utrzymywały mniejszy dystans w stosunku do innych awatarów [31]. Znalaziono już kilka przykładowych praktycznych zastosowań dla efektu Proteusza. Jednorazowe ucieleśnienie w ciało awatara osoby czarnoskórej powodowało spadek ukrytych uprzedzeń rasowych u osób rasy kaukaskiej [27, 28], a w jednym z eksperymentów efekt utrzymywał się przez co najmniej tydzień [28]. Po ucieleśnieniu w ciało kobiety sprawców przemocy wobec kobiet, a następnie doświadczenie przez nich wirtualnej napaści, udało się uzyskać u uczestników poprawę w zakresie rozpoznawania emocji kobiet [29]. Wszystkie przytoczone eksperymenty wykorzystywały kostium do śledzenia ruchów ciała, który umożliwił osiągnięcie synchronizacji wzrokowo-motorycznej, bez której ucieleśnienie praktycznie nie występowało. Efekt Proteusza stwarza jednak zagrożenie manipulacją użytkowników VR, gdyż jego efekty wykraczają czasowo poza doświadczenie zanurzenia w VE [32]. Przykładowo osoby wcielające się w awatara będącego znaczenia starszą wersją siebie samego przeznaczały później znacznie więcej pieniędzy na przyszłą emeryturę [33].

## ZALEŻNOŚCI MIĘDZY IMMERSJĄ, OBECNOŚCIĄ A REAKCJAMI EMOCJONALNYMI

Uważa się, że niezbędnym mediatorem, koniecznym do aktywacji emocji w VE, jest poczucie obecności [12]. W celu wyjaśnienia ewentualnych wątpliwości chcielibyśmy zaznaczyć, że obecność rozumiemy w sposób nakreślony na początku artykułu. Część badaczy pod pojęciem obecności rozumie też immersję, a część próbuje dokonywać pomiaru obecności za pomocą parametrów fizjologicznych. Reakcje fizjologiczne są jednak związane z pobudzeniem emocjonalnym, więc operacjonalizacja obecności za pomocą reakcji fizjologicznych doprowadziłaby do pomieszania tych dwóch zmiennych [13].

### Immersion a obecność

Wykazano, że wraz ze wzrostem immersji następuje wzrost poczucia obecności [13]. Innymi słowy, im bardziej wyrafinowany system VR, tym większa immersja i tym samym większa obecność. Co ciekawe, ta zależność istnieje przede wszystkim w neutralnych emocjonalnie środowiskach. W przypadku zaangażowania emocji rośnie obecność, ale maleje związek pomiędzy immersją a obecnością [13]. Zwrócono również uwagę na fakt, że wyższa immersja zwiększa poczucie obecności mierzone za pomocą kwestionariuszy, ale nie wpływa na reakcje fizjologiczne [11]. Natomiast sama zmiana narracji na bardziej angażującą użytkownika wpływa zarówno na wzrost poczucia obecności, jak i na pobudzenie fizjologiczne, np. przyspieszenie akcji serca [11].

## Immersion and emotions

The relationship between immersion and emotional reactions is not clear. Some studies confirm this relationship [3, 34], while some do not find a direct relationship [35, 36]. Visch *et al.* [34] suggest that immersion brings the observer closer to events in VE, which makes him experience stronger emotions. According to their hypothesis, immersion affects all emotions at a basic level, increasing only emotional arousal. This happens even at the cost of the user being able to distinguish between the emotions they feel. Several studies, cited by Diemer *et al.* [13], show that stronger stimulating emotions, such as anxiety or fear, are subject to greater reinforcement by more immersive VR installations than less stimulating emotions, such as joy or relaxation.

## Presence and emotions

According to the review conducted by Diemer *et al.* [13], in most studies the correlations between emotions and presence were detected, but the conclusions regarding the relationship between specific emotions and presence are not consistent. The most common recurrent conclusion is related to the feeling of fear. Fear and presence are mutually dependent, whereby this dependence is observed exclusively in people with anxiety or a phobia. Diemer *et al.* [13] summarize the finding that the stronger the emotions, whether due to their nature (fear is a stronger emotion than joy), or due to individual characteristics (in some situations people with anxiety disorder feel a stronger anxiety than their healthy counterparts), the greater the probability of detecting a correlation between the presence and emotions. Explaining this phenomenon, Freeman *et al.* [35] refer to the arousal theory of presence, according to which emotional arousal increases attention. The increased attention translates into a greater readiness to respond to the stimuli provided by VR, which has a direct impact on the sense of presence. This theory, however, has not yet been fully confirmed. Price and Anderson [37] found a correlation between presence and anxiety in people with aviophobia during VR exposure therapy. However, they did not notice a relationship between the presence and the effectiveness of treatment. In another study, the aforementioned relationship was also not observed, but there was a correlation between involvement (one of the components of presence) and treatment outcomes [12]. Hence it seems that a certain level of presence is necessary to elicit appropriate emotional responses in VR, beyond which no significant differences in the effectiveness of the treatment are observed, at least in VR exposure therapies. To sum up, presence is affected by both immersion, associated with the perceptual distance of the real world, and the power of stimulation of the virtual world, as well as the emotions whose influence probably depends on their strength. It is not known, however,

## Immersja a emocje

Związek immersji z reakcjami emocjonalnymi nie jest jasny. Część badań potwierdza tę zależność [3, 34], natomiast część nie znajduje bezpośredniego związku [35, 36]. Visch i wsp. [34] sugerują, że immersja zbliża obserwatora do wydarzeń w VE, przez co doświadcza on w stosunku do nich silniejszych emocji. Zgodnie z ich hipotezą immersja wpływa na wszystkie emocje na podstawowym poziomie, zwiększając jedynie pobudzenie emocjonalne (*emotional arousal*). Dzieje się to nawet kosztem rozróżnienia odczuwanych emocji. Z kilku badań cytowanych przez Diemer i wsp. [13] wynika, że silniej pobudzające negatywne emocje, takie jak lęk czy strach, podlegają większemu wzmocnieniu przez bardziej immersyjne instalacje VR aniżeli mniej pobudzające emocje pozytywne, takie jak radość czy relaks.

## Obecność i emocje

Wyniki opracowania Diemer i wsp. [13] wskazują, że w większości badań wykryto korelację między emocjami a obecnością, jednak wnioski dotyczące związków konkretnych emocji z obecnością nie są spójne. Najczęstsza powtarzająca się konkluzja dotyczy uczucia strachu. Strach i obecność są od siebie nawzajem zależne, przy czym zależność ta jest obserwowana wyłącznie w grupie osób z zaburzeniami lękowymi lub fobią. Diemer i wsp. [13] podsumowują, że im silniejsze emocje, czy to ze względu na ich naturę (np. strach jest emocją silniejszą niż radość), czy ze względu na osoby, które te emocje odczuwają (w niektórych sytuacjach osoby z zaburzeniem lękowym odczuwają lęk silniej niż osoby zdrowe), tym większe prawdopodobieństwo wykrycia korelacji między obecnością i emocjami. Tłumacząc to zjawisko, Freeman i wsp. [35] powołują się na teorię pobudzenia (*arousal theory of presence*), zgodnie z którą pobudzenie emocjonalne zwiększa czujność. Wzmoczona czujność przekłada się na większą gotowość do reagowania na bodźce dostarczane przez VR, co ma bezpośredni wpływ na poczucie obecności. Ta teoria nie została jednak dotąd w pełni potwierdzona. Price i Anderson [37] wykryli korelację pomiędzy obecnością a lękiem u osób z awiofobią podczas terapii ekspozycyjnej VR. Nie zauważyli jednak związku pomiędzy obecnością a skutecznością leczenia. W innej pracy również nie zaobserwowano powyższego związku, ale stwierdzono zależność między zaangażowaniem (jednym z komponentów obecności) a wynikami leczenia [12]. Wydaje się więc, że do wywołania odpowiednich reakcji emocjonalnych w VE niezbędny jest pewien poziom obecności, po przekroczeniu którego nie obserwuje się istotnych różnic w skuteczności leczenia, przynajmniej w przypadku terapii ekspozycyjnych VR. Podsumowując, na obecność wpływa zarówno immersja, związana z percepcyjnym dystansem realnego świata i siłą stymulacji świata wirtualnego, jak i emocje, których

whether the feeling of emotional arousal is necessary to experience the presence. There are also concerns that individual differences in the sense of presence could have a significant impact on the outcome of VR research. However, several studies show that these are not relevant for the results [38, 39]. In one of them, individual differences in the sense of presence did not affect the level of social stress during the interview for a job with a virtual person [39].

## CHARACTERISTICS OF SOCIAL INTERACTIONS IN IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENTS

A classic problem in the research on social interactions is their high ecological validity, achieved at the cost of low standardization (e.g. role-playing studies), or high standardization achieved at the cost of low ecological validity (e.g. vignette studies). The use of an immersive virtual environment provides an opportunity to overcome this problem [40]. It has been repeatedly shown that social interactions in VR are to a certain extent equivalent to those in the real world. In several studies using immersive virtual environments (IVE), described below, similar results were obtained as in analogous experiments conducted in the real world:

- 1) the subjects kept a greater distance to avatars which stared at them than to those which looked in a different direction [41],
- 2) persons trained in fulfilling a particular task achieved much worse results when they performed them in the presence of virtual people than when they were alone [42],
- 3) people in a virtual bar showed a stronger physiological stimulation in the presence of virtual avatars than when they were alone [43],
- 4) persons conducting a conversation with a virtual woman who showed positive or negative emotions during the conversation adjusted their mood to her emotions [44].

Programming a realistic expression of the emotions of virtual avatars, based on the expressions of real actors' emotions, has also been a success. Individuals assessing the expressions of avatars considered them as faithful, while some emotions, such as sadness or fear, were even better expressed as compared to those presented by actors [45].

### Strengths of virtual people in IVE

The most important advantage of social interactions in IVE is above all their standardization [40], which allows researchers to assign any variance observed in the results exclusively to the behavior of the investigated persons or deliberate manipulations of the virtual envi-

wpływ prawdopodobnie zależy od ich siły. Nie wiadomo jednak, czy poczucie pobudzenia emocjonalnego jest niezbędne do doświadczenia obecności. Rodzą się również obawy, że indywidualne różnice w odczuwaniu obecności mogłyby mieć istotny wpływ na wynik badań w VR. Kilka prac pokazuje jednak, że nie mają one znaczenia dla wyników [38, 39]. W jednej z nich indywidualne różnice w poczuciu obecności uczestników nie miały wpływu na poziom stresu społecznego w trakcie wywiadu o pracę z wirtualnym człowiekiem [39].

## CHARAKTERYSTYKA INTERAKCJI SPOŁECZNYCH W IMMERSYJNYCH ŚRODOWISKACH WIRTUALNYCH

Klasycznym problemem w badaniach nad interakcjami społecznymi jest ich wysoka ważność ekologiczna, uzyskana kosztem niskiej standaryzacji (np. badania z wykorzystaniem aktorów wcielających się w role społeczne), lub wysoka standaryzacja, uzyskana kosztem niskiej ważności ekologicznej (np. badania winietowe). Zastosowanie immersyjnego środowiska wirtualnego (*immersive virtual environments* – IVE) daje możliwość przezwycięzenia tego problemu [40]. Wielokrotnie wykazano, że interakcje społeczne w VR są do pewnego stopnia równoważne z tymi w świecie realnym. W kilku opisanych poniżej badaniach z użyciem IVE udało się uzyskać podobne rezultaty jak w analogicznie przeprowadzonych eksperymentach w świecie rzeczywistym:

- 1) badani utrzymywali większy dystans w stosunku do awatarów, którzy wpatrywali się w nich, niż w stosunku do tych, którzy patrzyli w innym kierunku [41],
- 2) osoby wytrenowane w wypełnianiu konkretnego zadania osiągały znacznie gorsze rezultaty, gdy wykonywały je w obecności wirtualnych ludzi, niż gdy były same [42],
- 3) osoby będące w wirtualnym barze przejawiały silniejsze pobudzenie fizjologiczne w obecności wirtualnych awatarów, niż gdy były same [43],
- 4) osoby prowadzące konwersację z wirtualną kobietą, która okazywała pozytywne lub negatywne emocje w trakcie rozmowy, dostosowywały swój nastrój do jej emocji [44].

Udało się również zaprogramować realistyczną ekspresję emocji wirtualnych awatarów, bazując na ekspresji emocji prawdziwych aktorów. Osoby oceniające ekspresję awatarów uznały ją za wierną, a niektóre emocje, takie jak smutek czy strach, nawet za lepiej wyrażane [45].

### Zalety wirtualnych ludzi w IVE

Najważniejszą zaletą interakcji społecznych w IVE jest przede wszystkim ich standaryzacja [40] umożliwiająca przypisanie wszelkich zaobserwowanych wariacji w wynikach wyłącznie zachowaniu badanych osób lub celowym manipulacjom środowiska wirtualnego. Przykładowo



ronment. For example, the participants of one study [46] had to give a persuasive speech to a group of virtual people. Some of the respondents delivered a speech in a room with an image of a leader (male figure for men, female figure for women). A second group of participants spoke in a room without a portrait of the leader. It turned out that the presence of the image improved the outcome of the speech. In another study, the virtual audience reacted negatively to the speech of the respondents, which increased the level of anxiety among the speakers [47]. Yet another benefit of using IVE is the possibility of designing extreme social situations, or such situations that would be unethical to carry out in reality. For example, Slater *et al.* [48] replicated the well-known Milgram experiment in IVE, with results comparable to those in the real world, which is even more interesting because of the fact that the participants were aware of the fictitious nature of the experiment. Agent avatars can also be used to train social skills and rehabilitate mentally ill people. For example, Park *et al.* [49] compared the effectiveness of traditional and virtual social skills training in patients with schizophrenia. Individuals from the VR group showed greater motivation for training and a better sense of control, as well as achieving greater improvement in conversational and assertiveness skills, and lower in non-verbal and vocal skills.

Another advantage of immersive virtual environments is the ability to obtain data from them on the user's behavior and performance, such as keeping a physical distance to avatars or a direction in which the person looks, all of which is recognized by the system and monitored in real time [40]. The amount of available data increases significantly when additional equipment is used, enabling researchers to track eye movements, and measure heart rate or galvanic skin reaction. Such feedback may be recorded by the system and influence what is happening in the environment (e.g. a virtual avatar can look in the direction in which the participant is looking). These additional devices, however, limit the freedom of the user and thus increase the risk of a decrease in the sense of presence [40].

To sum up, it seems that the social interactions in VR are currently a relatively faithful copy of the interactions taking place in the real world, provided that the latter are not too complex. When it comes to a high degree of complexity, there may be a significant disparity between real and virtual phenomena. So far, virtual avatars have not been able to convey subtle non-verbal signals, and holding a free conversation with avatars is still not possible. At the moment, the most important challenges in creating agent avatars are optimization of their emotional expression, realism of movement and communication skills, and in the distant future also simulation of such features as cognitive and emotional empathy [40].

wo uczestnicy badania [46] mieli wygłosić perswazyjną przemowę do grupy wirtualnych osób. Część badanych wygłaszała przemowę w pokoju z obrazem przedstawiającym przywódcę (postać męska dla mężczyzn, postać kobieca dla kobiet). Druga część osób przemawiała w pokoju bez portretu przywódcy. Okazało się, że obecność obrazu poprawiała wynik przemowy. W innym badaniu wywoływano negatywną reakcją wirtualnej widowni na przemowę osób badanych, co spowodowało wzrost poziomu lęku u przemawiających [47]. Inną jeszcze korzyścią płynącą z zastosowania IVE jest możliwość projektowania ekstremalnych sytuacji społecznych lub takich, które byłyby nieetyczne do przeprowadzenia w rzeczywistości. Przykładowo Slater i wsp. [48] dokonali replikacji znanego eksperymentu Milgrama w IVE, uzyskując wyniki porównywalne do tych w świecie rzeczywistym, co jest tym ciekawsze, że uczestnicy zdawali sobie sprawę z fikcyjności eksperymentu. Agent awatary można również wykorzystać do treningu umiejętności społecznych i rehabilitacji osób chorujących psychicznie. Przykładowo Park i wsp. [49] porównywali skuteczność tradycyjnego i wirtualnego treningu umiejętności społecznych u pacjentów chorych na schizofrenię. Osoby z grupy VR miały większą motywację do ćwiczeń i lepsze poczucie kontroli oraz osiągały lepszą poprawę w zakresie umiejętności konwersacyjnych i w asertywności, a gorszą w zakresie umiejętności niewerbalnych i wokalnych.

Kolejną zaletą immersyjnych wirtualnych środowisk jest możliwość zdobycia danych o zachowaniu i wynikach użytkownika, takich jak utrzymywanie dystansu fizycznego względem awatarów czy kierunek, w którym osoba patrzy, co jest rozpoznawane przez system i monitorowane w czasie rzeczywistym [40]. Ilość dostępnych informacji znacznie wzrasta, jeśli użyty zostanie dodatkowy sprzęt pozwalający na śledzenie ruchu gałek ocznych, pomiar akcji serca czy skórnej reakcji galwanicznej. Taki feedback może być rejestrowany przez system i mieć wpływ na to, co się dzieje w środowisku (np. wirtualny awatar patrzyłby w kierunku, w którym patrzy uczestnik). Te dodatkowe urządzenia ograniczają jednak swobodę badanych i zwiększają tym samym ryzyko spadku poczucia obecności [40].

Podsumowując, wydaje się, że obecnie interakcje społeczne w VR są stosunkowo wierną kopią interakcji zachodzących w świecie rzeczywistym, pod warunkiem że nie są zbyt złożone. W przypadku ich wysokiej złożoności może zachodzić znacząca rozbieżność między zjawiskami rzeczywistymi i wirtualnymi. Dotąd wirtualne awatary nie potrafią przekazywać subtelnych sygnałów niewerbalnych, a prowadzenie swobodnej rozmowy z nimi nie jest jeszcze możliwe. Obecnie najważniejszymi wyzwaniami przy tworzeniu agent awatarów jest poprawa ich ekspresji emocjonalnej, realizmu ruchu oraz zdolności komunikacyjnych, a w dalekiej przyszłości również symulacja takich cech, jak empatia poznawcza i emocjonalna [40].

## SOFTWARE QUALITY AND VR USER'S EXPERIENCE

The most important factor that limits the development of and research on VR technology is the cost of producing appropriate software. The general rule is that the better the aesthetic representation of avatars and the greater their similarity to human beings, the more acceptable avatars are to the observer and the more natural his or her reaction [50, 51]. However, some studies prove that the costs can be reduced without significant reduction of the research quality. In one of the studies reviewed, the influence of the realism of avatars on people in stressful situations in VE was tested [52]. The stressful situation in each simulation was fire, while the realism of a virtual room and virtual hand of the participant was different. The degree of realism affected only the sense of danger, while the sense of presence, galvanic skin response and the illusion of virtual body ownership were independent of the degree of realism of the environment and the representation of the avatar's hand. In a previous study [53], the authors pointed out that the embodiment of a HMD user – for example, the presence of virtual hands in VR – always increases the sense of presence. However, when creating realistic avatars, the phenomenon of the “uncanny valley” effect must be taken into account [54]. This consists in feeling negative emotions, such as repulsion or eeriness, towards a humanoid robot or any other object similar to a human (for example an avatar in VR), which significantly, although not entirely, resembles a human [54]. This effect results from the perception of subtle differences in facial expressions and eye movements between the real person and his or her imitation, which in consequence causes a negative emotional reaction in the observer [55]. The essence of this phenomenon is therefore the mismatch between high realism of appearance and not entirely realistic behavior.

In the case of whole virtual environments, the general rule saying that the more realistic the VR, the greater the acceptance and natural reaction of the participants, is no longer justified. Casati and Pasquinelli [56] demonstrated that the believability of presented events in the VE is more important than the photorealistic environment. Photorealism brings closer the model of the real world in a very accurate way, and non-photorealistic representations are not a one-to-one reproduction of the reality, but they can be believable if they take into account important details. On the other hand, the presence of inconsistent elements in the VE significantly hinders the immersion in the VR [57], which indicates that it is more important than the similarity of the VE to the real world to exclude inconsistent elements [58], such as, for example, errors in the appearance of uniforms, weapons and vehicles in a VE of Iraq in research on the treatment of PTSD in American soldiers [59]. The authors of one of the papers

## JAKOŚĆ OPROGRAMOWANIA A DOŚWIADCZENIA UŻYTKOWNIKÓW VR

Najważniejszym czynnikiem, który ogranicza rozwój i badanie technologii VR, są koszty stworzenia odpowiedniego oprogramowania. Ogólna reguła mówi, że im lepsza estetyczna reprezentacja awatarów i im większe ich podobieństwo do człowieka, tym bardziej jest on akceptowalny dla obserwatora i wywołuje bardziej naturalne reakcje [50, 51]. Niektóre prace dowodzą jednak, że można obniżyć koszty, nie tracąc przy tym znacząco na jakości badania. W jednej z prac sprawdzano wpływ realizmu awatarów na osoby będące w stresowej sytuacji w VE [52]. Sytuacją stresową w każdej symulacji był pożar, różny był natomiast realizm wirtualnego pomieszczenia i wirtualnej ręki badanego. Stopień realizmu miał wpływ wyłącznie na poczucie zagrożenia badanych, natomiast poczucie obecności, reakcja galwaniczna skóry i iluzja posiadania wirtualnego ciała były niezależne od stopnia realizmu środowiska i reprezentacji ręki awatara. W jednym z wcześniejszych badań [53] autorzy zwrócili uwagę, że ucieleśnienie użytkownika gogli VR, np. obecność wirtualnych rąk w VR, zawsze zwiększa poczucie obecności. Jakkolwiek przy tworzeniu realistycznych awatarów należy liczyć się z zaistnieniem zjawiska „doliny niesamowitości” (*uncanny valley*) [54], polegającego na odczuwaniu negatywnych emocji, takich jak wstręt czy groza, do robota humanoidalnego lub każdego innego obiektu podobnego do człowieka (np. awatara w VR), który znacząco, choć nie całkowicie, przypomina człowieka [54]. Efekt ten wynika z dostrzegania subtelnych różnic w zakresie mimiki twarzy i ruchu gałek ocznych pomiędzy prawdziwym człowiekiem a jego imitacją, co w konsekwencji wywołuje negatywną reakcję emocjonalną u obserwatora [55]. Istotą tego zjawiska jest więc dysharmonia pomiędzy wysokim realizmem wyglądu a nie w pełni realistycznym zachowaniem.

W przypadku całych środowisk wirtualnych zasada mówiąca, że im większa realizmowość VR, tym większa akceptacja i naturalność reakcji uczestników nie znajduje już potwierdzenia. Casati i Pasquinelli [56] wykazali, że prawdopodobieństwo przedstawianych zdarzeń w VE jest ważniejsze od pełnego fotorealizmu prezentowanej rzeczywistości. Fotorealizm przybliżył model realnego świata w sposób bardzo dokładny, a niefotorealistyczne przedstawienia nie są co prawda reprodukcją rzeczywistości jeden do jednego, ale mogą być wiarygodne, jeśli uwzględnią istotne detale. Z kolei obecność elementów niespójnych w VE znacząco utrudnia zanurzenie się w VR [57], co wskazuje, że bardziej istotne od podobieństwa VE do realnego świata jest wykluczenie niespójnych elementów [58], takich jak np. błędy w wyglądzie mundurów, broni i pojazdów VE Iraku w badaniach nad leczeniem PTSD u amerykańskich żołnierzy [59]. Autorzy jednej z prac zauważyli również, że abstrakcyjne VE z możliwością interakcji w nim daje większe poczucie

also noted that abstract VE with the possibility of interaction gives a higher sense of presence than realistic VE, but with limited possibilities of interaction [14]. In Slater's terminology, abstract VEs with the possibility of interaction would be an environment with a low place illusion (PI), but with a high plausibility illusion (Psi).

## SAFETY AND ACCEPTABILITY OF VR IN STUDIES INVOLVING PEOPLE WITH MENTAL ILLNESS

Data on the safety and acceptability of VR in studies involving people with mental disorders are relatively consistent. In one of the first VR safety studies, patients did not report any side effects such as nausea or dizziness [60]. Navigation in the VE and tasks the allotted to participants required their attention, but were performed with great enthusiasm. It was noted that psychiatric patients like working with a computer and are willing to perform tasks that require interactions with a computer. In a study [61] on a group of ARMS (at risk mental state) people, it was shown that most participants (70%) rated VR experience as pleasant or neutral and 30% as unpleasant. The level of anxiety before and after the procedure did not change. After one week, subjects did not report any unwanted or intrusive thoughts and memories related to VR experience, even though most of them (76%) thought a lot about this experience. Another study with a control group was conducted on patients with active psychosis experiencing persecutory delusions [62]. Again, in this group exposure to VR did not cause an increase in anxiety, and the participants did not report symptoms of simulator disease – in fact, a decrease in the intensity of these variables was noted. After a week these patients also did not report any adverse effects. Of note, in the clinical and non-clinical group, is the fact that a similar percentage of respondents had paranoid thoughts regarding avatars in VR (65% vs. 57%) after exposure. It is probable that a lack of significant intensity of paranoid thoughts in patients resulted from communing with a non-anxiety-inducing virtual environment, as well as from the lack of avatars' reaction to subjects' behaviours of a protective nature [63]. In the Hesse *et al.* study [64], the conclusions on the acceptability of VR in the case of psychotic disorders differ from the ones presented above. In this study, as many as 5 out of 26 patients with psychotic disorders resigned from the study: 2 due to the intensification of symptoms already prior to the procedure, 2 due to symptoms of simulator disease, and 1 due to the intensification of paranoid thoughts during the procedure. The researchers attribute such a high drop-out rate in the group of the ill mainly to the length of the VR session, which lasted 20 minutes, while in the above mentioned studies the session took only a few minutes. It is likely

obecności niż realistyczne VE, ale z ograniczonymi możliwościami interakcji [14]. W terminologii Slatera abstrakcyjne VE z możliwością interakcji byłoby środowiskiem o niskiej iluzji miejsca (PI), lecz o wysokiej iluzji prawdopodobieństwa (Psi).

## BEZPIECZEŃSTWO I AKCEPTOWALNOŚĆ VR W BADANIACH Z UDZIAŁEM OSÓB CHORUJĄCYCH PSYCHICZNIE

Dane dotyczące bezpieczeństwa i akceptowalności VR w badaniach z udziałem osób chorujących na zaburzenia psychiczne są stosunkowo spójne. W jednym z pierwszych badań oceniających bezpieczeństwo stosowania VR pacjenci nie zgłaszali żadnych skutków ubocznych, takich jak nudności czy zawroty głowy [60]. Zadania i nawigacja w VE wymagały od uczestników uwagi, ale były wykonywane z dużym entuzjazmem. Zauważono, że pacjenci psychiatryczni lubią pracować z komputerem i chętnie wykonują zadania wymagające interakcji z nim. W badaniu [61] na grupie osób ARMS (*at risk mental state* – stan ryzyka rozwoju psychozy) wykazano, że większość osób (70%) oceniła doświadczenie VR jako przyjemne lub neutralne, a 30% jako nieprzyjemne. Poziom lęku przed i po procedurze nie zmienił się. Po upływie tygodnia badani nie zgłaszali występowania żadnych niechcianych lub natrętnych myśli i wspomnień związanych z doświadczeniem VR, mimo że większość z nich (76%) dużo myślała o tym przeżyciu. Inne badanie z grupą kontrolną przeprowadzono na pacjentach w aktywnej psychozie, doświadczających urojeń prześladowczych [62]. Również w tej grupie ekspozycja na VR nie spowodowała podniesienia poziomu lęku, a uczestnicy nie zgłaszali objawów choroby symulatorowej – zanotowano wręcz obniżenie nasilenia tych zmiennych. Po tygodniu pacjenci nie raportowali również żadnych działań niepożądanych. Co ciekawe w grupach klinicznej i nieklinicznej podobny odsetek badanych miał myśli paranoiczne odnośnie do awatarów w VR (65% vs 57%) po ekspozycji. Prawdopodobnie brak znacznego nasilenia myśli paranoicznych u pacjentów wynikał z obcowania z niełękotwórczym wirtualnym środowiskiem, a także z brakiem reakcji awatarów na zachowania zabezpieczające badanych [63]. W badaniu Hesse i wsp. [64] wnioski dotyczące akceptowalności VR w przypadku zaburzeń psychiatrycznych odbiegają od wyżej prezentowanych. W omawianym badaniu z 26 osób chorujących na zaburzenia psychiatryczne z badania zrezygnowało aż 5 – 2 z powodu nasilenia objawów jeszcze przed procedurą, 2 z powodu wystąpienia objawów choroby symulatorowej, a 1 z powodu nasilenia myśli paranoicznych podczas procedury. Badacze przypisują tak wysoki wskaźnik drop-outu w grupie osób chorujących głównie długości sesji w VR, trwającej 20 minut, podczas gdy w powyższych badaniach czas ten wynosił tylko kilka mi-

that psychiatric patients are more susceptible to simulatory disease due to the side effects of drugs, the characteristics of the disease itself, or other reasons so far undiagnosed [64]. It is also possible that the VR experience was stressful for some participants, and was associated with a feeling of overstimulation and exhaustion, which means that VR is effective in simulating real world stressors [64]. In the group of psychotic patients, a higher indicator of the sense of presence was also noted, which is indicative of their high sensitivity to virtual environments. In another study [62] there was no such difference in the sense of presence. In the study of Veling *et al.* [65], the symptoms of simulatory disease were already higher in the group of people with an episode of early psychosis before their stay in the VE than in the healthy group, and after their stay in the VE these symptoms were comparable in both groups, which may result from a partial overlap of cybersickness symptoms and anxiety [66]. Both patients and healthy persons experienced a similar level of the sense of presence. In studies utilizing VR on patients with anxiety disorders or PTSD safety data are also relatively consistent. Exposure therapies in VR are accepted by the vast majority of patients, and the symptoms of cybersickness related to immersion remain at a low level [67, 68].

Another aspect of safety in research in VR is worth mentioning. In the non-clinical population, exposure to VR increases the symptoms of depersonalization and derealization<sup>3</sup>, and the increase in their severity is more pronounced in patients with higher baseline levels of dissociative symptoms [69]. Exposure to VR also reduces the sense of presence in objective reality. These results support the view that dissociative symptoms may be triggered by a lack of continuity in the environment that is received by the senses - in this case, a lack of continuity between VE and reality. However, the above mentioned changes are so poorly expressed that they do not even reach the subclinical level and may resemble the effects of a several-hour long session in front of a computer. However, in sensitive individuals with higher levels of dissociation - as it is often the case with psychotic patients - such an effect may prove detrimental and must be accounted for [32, 69].

## CYBERSICKNESS

Cybersickness (or virtual reality sickness) is a relatively common side effect experienced by VR users [70]. It is a term similar to the notion of locomotor disease or simulator disease, but it is not the same. Nevertheless, in most of the cited publications the term simulatory disease is used. Quoting other articles, we did not change their

<sup>3</sup> The task is related solely to short-term effects of a one-off immersion, so it unfortunately does not respond to questions mentioned in the section "Ethical aspects and possible long-term effects".

nut. Prawdopodobnie pacjenci psychotyczni są bardziej wrażliwi na wystąpienie choroby symulatorowej z powodu działań niepożądanych leków, samej charakterystyki choroby albo innych dotąd nierozpoznanych przyczyn [64]. Możliwe też, że doświadczenie VR było dla niektórych stresujące i wiązało się z uczuciem przestymulowania i wyczerpania, co oznacza, że VR jest skuteczna w symulowaniu stresorów świata rzeczywistego [64]. W grupie pacjentów psychotycznych zanotowano także wyższy wskaźnik poczucia obecności, co świadczy o ich dużej wrażliwości na wirtualne środowiska. W innej pracy [62] nie zarejestrowano takiej różnicy w poczuciu obecności. W badaniu Velinga i wsp. [65] objawy choroby symulatorowej były wyższe już przed pobytem w VE w grupie osób z epizodem wczesnej psychozy niż w grupie zdrowych, a po pobycie w VE objawy te były porównywalne w obu grupach, co prawdopodobnie wynika z częściowego zachodzenia na siebie objawów cyberchoroby i lęku [66]. Zarówno pacjenci, jak i osoby zdrowe doświadczali poczucia obecności na podobnym poziomie. Również w badaniach z użyciem VR wśród pacjentów chorujących na zaburzenia lękowe czy PTSD dane na temat bezpieczeństwa są stosunkowo spójne. Terapie ekspozycyjne w VR są akceptowane przez zdecydowaną większość pacjentów, a objawy cyberchoroby związane z immersją utrzymują się na niskim poziomie [67, 68].

Warto wspomnieć o jeszcze jednym aspekcie bezpieczeństwa badań w VR. W populacji nieklinicznej ekspozycja na VR wzmacnia symptomy depersonalizacji i derealizacji<sup>3</sup>, a wzrost ich nasilenia jest bardziej wyraźny u osób z wyższym bazowym poziomem objawów dysocjacyjnych [69]. Ekspozycja na VR obniża również poczucie obecności w obiektywnej rzeczywistości. Wyniki te potwierdzają pogląd, że objawy dysocjacyjne mogą być wyzwalone przez brak ciągłości w odbieranym przez zmysły środowisku - w tym przypadku brak ciągłości pomiędzy VE a rzeczywistością. Powyższe zmiany są jednak na tyle słabo wyrażone, że nie sięgają nawet poziomu subklinicznego i mogą przypominać efekty kilkugodzinnego seansu przed komputerem. Jednakże u osób wrażliwych, mających wyższe poziomy dysocjacji - co często ma miejsce w przypadku pacjentów psychotycznych - taki efekt może okazać się szkodliwy i musi być brany pod uwagę [32, 69].

## CYBERCHOROBA

Cyberchoroba (*cybersickness, virtual reality sickness*) to stosunkowo częsty objaw uboczny, którego doświadczają użytkownicy VR [70]. Jest to termin zbliżony do pojęcia choroby lokomocyjnej czy choroby symulatorowej, ale nie jest z nimi tożsamy. Pomimo to w większości cytowanych prac używa się terminu „choroba symulatorowa”. Cytując

<sup>3</sup> Zdanie dotyczy wyłącznie krótkofalowych efektów jednorazowej immersji, więc niestety nie odpowiada na kwestie poruszane w dziale „Aspekty etyczne i możliwe długofalowe efekty”.



original terminology, but it is worth remembering that in the studies on VR, by the concept of simulator disease there is always meant the notion of cybersickness. A real simulator disease is connected with small inconsistencies between the movement of the simulator and the movement of a virtual vehicle which is simulated by it [70]. Cybersickness most probably results from the inconsistency between the sense of movement in the virtual environment and motionlessness in the real world (theory of sensory conflict). It is estimated that the symptoms of cybersickness affect 60-70% of people using HMD [71], and its severity is about three times greater than the simulator disease [72]. The whole clinical picture of this ailment consists of three areas of symptoms:

- 1) disorientation – systemic and non-systemic dizziness;
- 2) nausea – e.g. eructing, unpleasant feelings in the stomach, salivation;
- 3) ophthalmic symptoms – eye fatigue, difficulties in focusing the sight, blurring image, headaches.

The main difference in symptoms between simulator disease and cybersickness is the dominant axis of symptoms. In the simulatory disease, ophthalmic ailments prevail, whereas in cybersickness it is disorientation. The literature also distinguishes three groups of factors that influence the severity of cybersickness symptoms, such as [70] individual factors: age (the younger the person, the heavier the symptoms), female sex (a greater chance of seeing the image flashing due to a wider field of vision [73], the influence of hormones [74]), fatigue [73], posture (sitting is the safest); technical factors: ergonomics of the device (the heavier and less handy, the worse), lag [73], calibration [75], flicker [75]; task-related factors: sense of control [75] (lack of the sense of control conduces to cybersickness), session duration [75] (the longer session, the greater the risk). It has also been found that some of the symptoms are common to anxiety and cybersickness, which may interfere with the study of interactions between these phenomena [76]. At the beginning of exposure therapy, patients may experience a high level of anxiety by definition, showing symptoms partially identical to those of cybersickness, which may result in a premature cessation of therapy. It has also been shown that symptoms of cybersickness in the area of nausea and disorientation are partially mediated by anxiety [66]. After exposure to VR, a correlation between the level of anxiety and cybersickness was detected in healthy individuals, but in patients with persecutory delusions it was not confirmed [66]. Similar results were also obtained by other researchers [62, 77]. One of the explanations may be the so-called ceiling effect: cybersickness symptoms in patients were basically at a high level and remained at the same level at the time of exposure, while in healthy individuals they were basically low and increased during exposure. The second explanation is the already mentioned partial overlap of anx-

inne artykuły, nie zmienialiśmy ich oryginalnej terminologii, ale warto pamiętać, że w pracach nad VR pod pojęciem „choroba symulatorowa” kryje się zawsze pojęcie cyberchoroby. Prawdziwa choroba symulatorowa jest związana z drobnymi niespójnościami między ruchem symulatora a ruchem wirtualnego pojazdu, który jest przez niego symulowany [70]. Cyberchoroba najprawdopodobniej wynika z niespójności między poczuciem ruchu w wirtualnym środowisku a bezruchem w realnym świecie (teoria konfliktu sensorycznego). Szacuje się, że objawy cyberchoroby dotyczą 60–70% osób korzystających z HMD [71], a jej ciężkość jest około trzykrotnie większa od choroby symulatorowej [72]. Na całość obrazu klinicznego tej dolegliwości składają się trzy obszary objawów:

- 1) dezorientacja – układowe i nieukładowe zawroty głowy;
- 2) nudności – np. odbijanie, nieprzyjemne uczucie w żołądku, ślinotok;
- 3) objawy okulomotoryczne – zmęczenie oczu, trudności ze skupieniem wzroku, zamazanie obrazu, bóle głowy.

Główną różnicą w objawach między chorobą symulatorową a cyberchorobą jest dominująca oś objawów. W chorobie symulatorowej przeważają dolegliwości okulomotoryczne, a w cyberchorobie dezorientacja. W literaturze wyróżnia się też trzy grupy czynników, które wpływają na nasilenie objawów cyberchoroby, takie jak czynniki indywidualne [70]: wiek (im młodsza osoba, tym cięższe objawy), płeć żeńska (większa szansa na dostrzeżenie migania obrazu ze względu na szersze pole widzenia [73], wpływ hormonów [74]), zmęczenie [73], postawa (najbezpieczniejsza jest siedząca); czynniki techniczne: ergonomia urządzenia (im cięższe i mniej poręczne, tym gorzej), opóźnienie (*lag*) [73], kalibracja [75], migotanie obrazu (*flicker*) [75]; czynniki związane z zadaniem: poczucie kontroli [75] (brak poczucia kontroli sprzyja cyberchorobie), czas trwania sesji [75] (im dłuższa, tym większe ryzyko). Ustalono również, że część objawów jest wspólna dla lęku i cyberchoroby, co może zakłócać badania nad interakcjami między tymi zjawiskami [76]. Na początku terapii ekspozycyjnej pacjenci z definicji mogą odczuwać wysoki poziom lęku, prezentując objawy częściowo tożsame z objawami cyberchoroby, co może skutkować przedwczesnym zaprzestaniem terapii. Wykazano również, że objawy cyberchoroby z obszaru nudności i dezorientacji są częściowo mediowane przez lęk [66]. Po ekspozycji na VR u zdrowych osób wykryto korelację między poziomem lęku a cyberchorobą, ale u pacjentów z urojeniami prześladowczymi nie została ona potwierdzona [66]. Podobne wyniki otrzymali także inni badacze [62, 77]. Jednym z wytłumaczeń może być tzw. efekt sufitu: objawy cyberchoroby u pacjentów były bazowo na wysokim poziomie i pozostały na tym samym poziomie w czasie ekspozycji, podczas gdy u zdrowych osób były bazowo niskie i wzrosły. Drugie wytłumaczenie to wspomniane już częściowe nakładanie się objawów

ity and cybersickness symptoms, which may result in high level of cybersickness symptoms in patients prior to their exposure to VR.

## ETHICAL ASPECTS AND POSSIBLE LONG-TERM EFFECTS

Among the key aspects of the research on the use of virtual reality are ethical issues. Two German philosophers, Michael Madary and Thomas Metzinger, have developed an outline of the principles of VR research [32]. Their recommendations include, among other things, points concerning the need for careful selection of people for research, transparency in informing about previously unknown risk factors and the need to be aware that suffering during immersion in VE is no less significant than suffering in the real world. In their recommendations for the use of VR in the general population, the authors also emphasize that the long-term effects of the immersion need to be better investigated.

For the time being, the main threats associated with VR are:

- 1) addiction: it may be qualitatively different from a classical Internet addiction;
- 2) loss of sense of agency: in VR you can have better control over the body and make movements that would not be performed in reality, and also talk to avatars, succumbing to the illusion that these conversations do not differ from those in reality;
- 3) danger to mental health, for example, symptoms of derealization/dissociation;
- 4) loss of authenticity: similar to the loss of authenticity in Nozick's experience machine [78].

It seems that for patients with mental health problems, the most important is the risk of intensification of the symptoms of derealization and depersonalization. Metzinger and Madary [32] emphasize that there is still no research on the dangers of long-term immersion. However, it is suspected that such threats may exist, as VR manipulates psychological mechanisms associated with the generation of the experience of reality, and these mechanisms work incorrectly in the depersonalization-realization syndrome. It is probable that excessively long-term immersion may damage the neuronal mechanisms responsible for the sense of realness, or for being in an immediate contact with one's body and with the world. This phenomenon would be associated with reversing the perception of reality in the real and virtual world – the virtual environment would seem more real than the real world. However, for the time being, this worry remains pure speculation.

According to Metzinger and Madary [32], for ethical reasons the most vulnerable people, such as children or

lęku i cyberchoroby, co może skutkować wysokim poziomem objawów cyberchoroby u pacjentów już przed ekspozycją na VR.

## ASPEKTY ETYCZNE I MOŻLIWE EFEKTY DŁUGOFALOWE

Jednym z kluczowych aspektów badań nad wykorzystaniem rzeczywistości wirtualnej są kwestie etyczne. Zarys zasad prowadzenia badań z wykorzystaniem VR został opracowany przez dwóch niemieckich filozofów – Michaela Madary'ego i Thomasa Metzinger [32]. W ich rekomendacjach zawarte są m.in. punkty dotyczące konieczności ostrożnego dobierania osób do badań, przejrzystości w informowaniu o wcześniej nieznanymi czynnikach ryzyka oraz o potrzebie świadomości, że cierpienie podczas zanurzenia w VE nie jest mniej znaczące niż cierpienie w świecie rzeczywistym. W zaleceniach dla użycia VR w populacji ogólnej autorzy ci podkreślają również fakt, iż długoterminowe efekty immersji muszą zostać lepiej zbadane.

Obecnie zwraca się uwagę na zagrożenia związane z VR, takie jak:

- 1) uzależnienie: może być różne jakościowo od klasycznego uzależnienia od internetu;
- 2) utrata poczucia sprawczości: w VR można mieć lepszą kontrolę nad ciałem i wykonywać ruchy, których nie wykonałoby się w rzeczywistości, a także rozmawiać z awatarami, ulegając iluzji, że rozmowy te nie różnią się od tych w rzeczywistości;
- 3) niebezpieczeństwo dla zdrowia psychicznego, np. objawy derealizacji/dysocjacji;
- 4) utrata autentyczności: podobna do utraty autentyczności w maszynie przeżyć Nozicka [78].

Wydaje się, że dla pacjentów z problemami zdrowia psychicznego najbardziej istotne jest ryzyko nasilenia objawów derealizacji i depersonalizacji. Metzinger i Madary [32] podkreślają, że nie ma do tej pory badań nad zagrożeniami związanymi z długotrwałą immersją. Podejrzewa się jednak, że takie zagrożenie może istnieć, ponieważ VR z założenia manipuluje psychologicznymi mechanizmami związanymi z generowaniem doświadczenia rzeczywistości, a te właśnie mechanizmy działają nieprawidłowo w zespole depersonalizacji-derealizacji. Jest prawdopodobne, że nadmiernie długotrwała immersja może uszkadzać neuronalne mechanizmy odpowiedzialne za poczucie rzeczywistości, czyli za bycie w bezpośrednim kontakcie ze swoim ciałem i ze światem. Zjawisko to wiązałoby się z odwróceniem postrzegania rzeczywistości świata realnego i wirtualnego – wirtualne środowisko wydawałoby się bardziej rzeczywiste niż realny świat. Na razie jednak to zmartwienie pozostaje czystą spekulacją.

Według Metzinger i Madary'ego [32] z badań nad VR z przyczyn etycznych powinny zostać wyłączone osoby

mentally ill people in the remission phase, should be excluded from VR research because of the risk of relapse. It cannot be ruled out, either, that some participants will not be aware of their greater sensitivity, which might only come to light at the time of the VR experience. An important domain of research utilizing this technology is social interactions, which are often a key aspect of the virtual environment. The authors wonder whether the fact that the reality is potentially incomplete may result in a loss of certain aspects of social interactions that are mediated by VR. They inquire as to what the consequences will be if certain losses in the field of social interactions are not detected in time, and what negative effects we can expect for the human self model which is based on the results of research using this technology. The authors repeat after Dreyfus that perhaps the mediating technologies of interpersonal contact may not capture something important, e.g. the so-called intercorporeality [79], which assumes that interpersonal interactions take place between the bodies of two people, often at a completely unconscious level. It is obvious that at the current stage of technology development, certain modalities, such as touch or smell, are lost. The results of Teo *et al.* [80] show that in contrast to frequent direct interpersonal contact, telephone and e-mail contact is not protective against depression. The question remains open whether this is a result of the loss of certain modalities, which will stop with the course of technology's development, or is perhaps a result of the loss of something more (the authors themselves have a problem with defining exactly what it could be). Perhaps it is also about an unspecified loss of authenticity, as in Nozick's thought experiment [78].

According to the authors, the most important question related to the use of VR is of a philosophical nature and refers to a specific relationship between VR and the virtual model of the world, created by the human mind. Discussing this question goes beyond the scope of this article – the interested parties are referred to the literature [32].

## CONCLUSIONS

One of the most important advantages of VR is the possibility of transferring the realism of life experiences to the laboratory environment. In classical studies, the evaluation of phenomena such as neurocognitive processes or emotional and behavioural reactions requires the use of standardized questionnaires, structured interviews or role-playing. These methods were characterized by high standardization, but low ecological validity. VR makes it possible to maintain high standardization by measuring many variables in real time, while maintaining high ecological validity by means of credible reflections of everyday life situations. This does not

najbardziej wrażliwe, takie jak dzieci czy osoby chorujące psychicznie w fazie remisji, ze względu na ryzyko wyzwolenia nawrotu. Nie można też wykluczyć, że niektórzy uczestnicy nie będą świadomi swojej większej wrażliwości, która wyjdzie na jaw dopiero podczas doświadczenia VR. Ważnym wymiarem badań z użyciem tej technologii są interakcje społeczne, będące często kluczowym aspektem wirtualnego środowiska. Autorzy pracy zastanawiają się, czy z uwagi na fakt potencjalnie niepełnego odwzorowania rzeczywistości może dochodzić do utraty pewnych aspektów interakcji społecznych, które są mediowane przez VR. Pytają, jakie będą konsekwencje, jeśli pewne straty w dziedzinie społecznych interakcji nie zostaną w porę wykryte i jakich negatywnych efektów możemy oczekiwać dla modelu „ja” człowieka, opartego na wynikach badań z użyciem tej technologii. Autorzy powtarzają za Dreyfusem, że być może technologie mediujące kontakt międzyludzki mogą nie uchwycić czegoś ważnego, np. tzw. międzycieleśności (*intercorporeality*) [79], która zakłada, że interakcje międzyludzkie rozgrywają się pomiędzy ciałami dwóch osób, często na zupełnie nieświadomym poziomie. Oczywiście jest, że na obecnym etapie rozwoju technologii tracone są pewne modalności, takie jak dotyk czy zapach. Wyniki Teo i wsp. [80] świadczą o tym, że w przeciwieństwie do częstego bezpośredniego kontaktu międzyludzkiego, kontakt telefoniczny i mailowy nie chroni przed depresją. Pozostaje na razie otwarte pytanie, czy jest to wynik utraty pewnych modalności, co wraz z rozwojem technologii przestanie mieć miejsce, czy może jest to wynik utraty czegoś więcej (sami autorzy mają problem z dokładnym określeniem, co by to mogło być). Być może chodzi również o bliżej nieokreśloną utratę autentyczności, podobnie jak w eksperymencie myślowym Nozicka [78].

Najważniejszy według autorów problem związany ze stosowaniem VR jest natury filozoficznej i dotyczy specyficznego sprzężenia pomiędzy VR i wirtualnym modelem świata tworzonym przez ludzki umysł. Jego omówienie wykracza poza ramy tego artykułu – zainteresowanych odsyłamy do literatury [32].

## PODSUMOWANIE

Jedną z najważniejszych zalet VR jest możliwość przeniesienia realizmu doświadczeń życiowych do środowiska laboratoryjnego. W klasycznych badaniach ocena takich zjawisk, jak procesy neuropoznawcze, reakcje emocjonalne i behawioralne, wymaga użycia wystandaryzowanych kwestionariuszy, ustrukturyzowanych wywiadów czy odgrywania roli. Metody te cechowała wysoka standaryzacja, ale niska ważność ekologiczna. VR umożliwia zachowanie wysokiej standaryzacji, dokonując w czasie rzeczywistym pomiaru wielu zmiennych, przy zachowaniu wysokiej ekologicznej ważności poprzez wiarygodne odwzorowanie sytuacji życia codziennego. Nie jest do tego wymagany

require photorealism of the environment, but rather the reliability and consistency of events in the VE [56]. The possibilities of embodiment into a virtual body are very promising, but special caution is required in this case, because of the possibly permanent consequences of this type of manipulation. It seems that the new VR technology will continue to gain in popularity, and will soon become permanently established in researchers' laboratories, and consequently in clinical practice. VR has been used in psychiatry for more than 25 years, initially mainly in anxiety disorders, and for some time also in other disorders, including psychotic ones. Even Goldman Sachs analysts predict that by 2025 the VR market will be worth several dozen billion dollars and may exceed the value of the television market [81]. This technology is relatively safe to use and has no side effects in most users, at least in the short term perspective. Additionally, alongside the increase of advancement of technical equipment, the number of side effects will decrease even further, mainly due to better image parameters and greater portability of the equipment. However, there are still unresolved potential long-term negative consequences of using VR for mental health, as well as ethical problems, especially those related to the possible incomplete representation of reality, or the complexity of the problem of VR reception by the mind generating its own "virtual reality".

foto realizm środowiska, ale raczej wiarygodność i spójność wydarzeń w VE [56]. Bardzo obiecujące są możliwości związane z ucieleśnieniem w wirtualne ciało, jednak wymagana jest tutaj szczególna ostrożność ze względu na możliwe trwałe konsekwencje tego typu manipulacji. Wydaje się, że nowa technologia VR będzie stale zyskiwać na popularności i wkrótce zdomowi się na stałe w laboratoriach badaczy, a w konsekwencji również w praktyce klinicznej. Już od ponad 25 lat VR znajduje zastosowanie w psychiatrii, początkowo głównie w zaburzeniach lękowych, a od pewnego czasu również w innych zaburzeniach, w tym psychotycznych. Nawet analitycy Goldman Sachs przewidują, że do 2025 roku rynek VR będzie wart kilkadziesiąt miliardów dolarów i może przewyższyć wartość rynku telewizji [81]. Technologia ta jest stosunkowo bezpieczna w użyciu i u większości użytkowników nie wywołuje skutków ubocznych, przynajmniej w perspektywie krótkoterminowej. Wraz ze wzrostem stopnia zaawansowania aparatury technicznej liczba działań niepożądanych jeszcze zmaleje, głównie ze względu na lepsze parametry obrazu i większą poręczność sprzętu. Nadal jednak pozostają nierozstrzygnięte potencjalne długofalowe, negatywne konsekwencje stosowania VR dla zdrowia psychicznego i problemy etyczne, szczególnie te związane z możliwym niepełnym odwzorowaniem rzeczywistości czy złożonością problemu odbioru VR przez umysł generujący własną „wirtualną rzeczywistość”.

---

#### **Conflict of interest/Konflikt interesu**

Absent./Nie występuje.

#### **Financial support/Finansowanie**

Absent./Nie występuje.

#### **References/Piśmiennictwo**

1. <https://sjp.pwn.pl/slovniki/wirtualny.html> (Accessed: 22.11.2018).
2. Cruz-Neira C, Sandin DJ, DeFanti TA. Surround-screen projection-based virtual reality. The Design and Implementation of the CAVE. SIGGRAPH'93: Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques 1993; 135-142.
3. Juan MC, Pérez D. Comparison of the Levels of Presence and Anxiety in an Acrophobic Environment Viewed via HMD or CAVE. Presence 2009; 18: 232-248.
4. Slater M, Sanchez-Vives MV. Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI 2016; 3: 74.
5. Macedo M, Marques, A, Queirós C. Virtual reality in assessment and treatment of schizophrenia: a systematic review. Jornal Brasileiro de Psiquiatria 2015; 64: 70-81.
6. Mestre DR. Immersion and Presence, 2005.
7. Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. Nat Rev Neurosci 2005; 6: 332-339.
8. Slater M. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2009; 364: 3549-3557.
9. Sacau A, Laarni J, Hartmann T. Influence of individual factors on presence. Computers in Human Behavior 2008; 24: 2255-2273.



10. Witmer, BG, Singer MJ. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 1998; 7: 225-240.
11. Gorini A, Capideville CS, De Leo G, Mantovani F, Riva G. The role of immersion and narrative in mediated presence: the virtual hospital experience. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2011; 14: 99-105.
12. Price M, Mehta N, Tone EB, Anderson PL. Does engagement with exposure yield better outcomes? Components of presence as a predictor of treatment response for virtual reality exposure therapy for social phobia. *J Anxiety Disord* 2011; 25: 763-770.
13. Diemer J, Alpers GW, Peperkorn HM, Shiban Y, Mühlberger A. The impact of perception and presence on emotional reactions: a review of research in virtual reality. *Front Psychol* 2015; 6: 26.
14. Groenegrass C, Thomsen MR, Slater M. Correlations between vocal input and visual response apparently enhance presence in a virtual environment. *Cyber Psychology & Behavior* 2009; 12: 429-431.
15. Kober SE, Kurzmann J, Neuper C. Cortical correlate of spatial presence in 2D and 3D interactive virtual reality: an EEG study. *Int J Psychophysiol* 2012; 83: 365-374.
16. Blascovich J, Loomis J, Beall A, Swinth K, Hoyt C, Bailenson JN. Immersive virtual environment technology as a methodological tool for social psychology. *Psychological Inquiry* 2002; 13: 103-124.
17. Jacobson D. Presence revisited: imagination, competence, and activity in text-based virtual worlds. *Cyberpsychol Behav* 2001; 4: 653-673.
18. Botvinick M, Cohen J. Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature* 1998; 391: 756.
19. Lenggenhager B, Tadi T, Metzinger T, Blanke O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science* 2007; 317: 1096-1099.
20. Petkova VI, Ehrsson HH. If I were you: perceptual illusion of body swapping. *PLoS One* 2008; 3: e3832.
21. Guterstam A, Petkova VI, Ehrsson HH. The illusion of owning a third arm. *PLoS One* 2011; 6: e17208.
22. Kiltner K, Normand JM, Sanchez-Vives MV, Slater M. Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion. *PLoS One* 2012; 7: e40867.
23. Sanchez-Vives MV, Spanlang B, Frisoli A, Bergamasco M, Slater M. Virtual hand illusion induced by visuomotor correlations. *PLoS One* 2010; 5: e10381.
24. Kokkinara E, Slater M. Measuring the effects through time of the influence of visuomotor and visuotactile synchronous stimulation on a virtual body ownership illusion. *Perception* 2014; 43: 43-58.
25. Osimo SA, Pizarro R, Spanlang B, Slater M. Conversations between self and self as Sigmund Freud – a virtual body ownership paradigm for self counselling. *Sci Rep* 2015; 5: 13899.
26. Pavone EF, Tieri G, Rizza G, Tidoni E, Grisoni L, Aglioti SM. Embodying others in immersive virtual reality: electro-cortical signatures of monitoring the errors in the actions of an avatar seen from a first-person perspective. *J Neurosci* 2016; 36: 268-279.
27. Peck TC, Seinfeld S, Aglioti SM, Slater M. Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias. *Conscious Cogn* 2013; 22: 779-787.
28. Banakou D, Hanumanthu PD, Slater M. Virtual embodiment of white people in a black virtual body leads to a sustained reduction in their implicit racial bias. *Front Hum Neurosci* 2016; 10: 601.
29. Seinfeld S, Arroyo-Palacios J, Iruretagoyena G, Hortensius R, Zapata LE, Borland D, et al. Offenders become the victim in virtual reality: impact of changing perspective in domestic violence. *Sci Rep* 2018; 8: 2692.
30. González-Franco M, Peck TC, Rodríguez-Fornells A, Slater M. A threat to a virtual hand elicits motor cortex activation. *Exp Brain Res* 2014; 232: 875-887.
31. Yee N, Bailenson JN. The Proteus effect: self transformations in virtual reality. *Human Communication Research* 2007; 33: 271-290.
32. Madary M, Metzinger TK. Real virtuality: a code of ethical conduct. Recommendations for good scientific practice and the consumers of VR-technology. *Frontiers in Robotics and AI* 2016; 3: 1-23.
33. Hershfield HE, Goldstein DG, Sharpe WF, Fox J, Yeykelis L, Carstensen LL, et al. Increasing saving behavior through age-progressed renderings of the future self. *J Mark Res* 2011; 48: 23-37.
34. Visch VT, Tan ES, Dylan M. The emotional and cognitive effect of immersion in film viewing. *Cognition and Emotion* 2010; 24: 1439-1445.
35. Freeman J, Lessiter J, Pugh K, Keogh E. When presence and emotion are related, and when they are not. In: *Proceedings of the Conference at Presence*. London: 2005.
36. Ling Y, Brinkman W, Nefs HT, Qu C, Heynderickx I. Effects of Stereoscopic Viewing on Presence, Anxiety, and Cybersickness in a Virtual Reality Environment for Public Speaking. *Presence* 2012; 21: 254-267.
37. Price M, Anderson P. The role of presence in virtual reality exposure therapy. *J Anxiety Disord* 2007; 21: 742-751.
38. Schmid Mast M, Hall JA, Roter DL. Caring and dominance affect participants' perceptions and behaviors during a virtual medical visit. *J Gen Intern Med* 2008; 23: 523-527.
39. Hartanto D, Kampmann IL, Morina N, Emmelkamp PG, Neerinx MA, Brinkman WP. Controlling social stress in virtual reality environments. *PLoS One* 2014; 9: e92804.
40. Bombari D, Mast MS, Canadas E, Bachmann M. Studying social interactions through immersive virtual environment technology: virtues, pitfalls, and future challenges. *Front Psychol* 2015; 6: 869.
41. Bailenson JN, Blascovich J, Beall AC, Loomis JM. Interpersonal distance in immersive virtual environments. *Pers Soc Psychol Bull* 2003; 29: 819-833.
42. Hoyt CL, Blascovich J, Swinth KR. Social inhibition in immersive virtual environments. *Presence Teleop Virt* 2003; 12: 183-195.
43. Slater M, Guger C, Edlinger G, Leeb R, Pfurtscheller G, Antley A, et al. Analysis of physiological responses to a social situation in an immersive virtual environment. *Presence Teleop Virt* 2006; 15: 553-569.

44. Qu C, Brinkman WP, Ling Y, Wiggers P, Heynderickx IEJ. Conversations with a virtual human: synthetic emotions and human responses. *Computers in Human Behavior* 2014; 34: 58-68.
45. Dyck M, Winbeck M, Leiberg S, Chen Y, Gur RC, Mathiak K. Recognition profile of emotions in natural and virtual faces. *PLoS One* 2008; 3: e3628.
46. Latu IM, Mast MS, Lammers J, Bombari D. Successful female leaders empower women's behavior in leadership tasks. *Journal of Experimental Social Psychology* 2013; 49: 444-448.
47. Pertaub DP, Slater M, Barker C. An experiment on fear of public speaking in virtual reality. *Stud Health Technol Inform* 2001; 81: 372-378.
48. Slater M, Antley A, Davison A, Swapp D, Guger C, Barker C, et al. A virtual reprise of the Stanley Milgram obedience experiments. *PLoS One* 2006; 1: e39.
49. Park K, Ku J, Choi S, Jang H, Park J, Kim SI, et al. A virtual reality application in role-plays of social skills training for schizophrenia: a randomized, controlled trial. *Psychiatry Research* 2011; 189: 166-172.
50. Blascovich J. Social Influence within Immersive Virtual Environments. In: Schroeder R (ed.). *The Social Life of Avatars. Computer Supported Cooperative Work*. London: Springer; 2002.
51. Slater M, Steed A. Meeting people virtually: experiments in shared virtual environments. In: Schroeder R (ed.). *The Social Life of Avatars*. London: Springer; 2002, p. 146-171.
52. Lugin J, Wiedemann M, Bieberstein D, Latoschik ME. Influence of avatar realism on stressful situation in VR. 2015 IEEE Virtual Reality (VR).
53. Slater M, Steed A. A virtual presence counter. *Presence* 2000; 9: 413-434.
54. Mori M. Bukimi no tani [The Uncanny Valley]. *Energy* 1970; 7: 33-35.
55. Seyama J, Nagayama RS. The Uncanny Valley: Effect of Realism on the Impression of Artificial Human Faces. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 2007; 16: 337-351.
56. Casati R, Pasquinelli E. Is the subjective feel on "presence" an uninteresting goal? *Journal of Visual Languages and Computing* 2005; 16: 428-441.
57. Wallach HS, Safir MP, Bar-Zvi M. Virtual reality cognitive behavior therapy for public speaking anxiety: a randomized clinical trial. *Behav Modif* 2009; 33: 314-338.
58. Wallach H, Safir M, Horef R, Huber E, Heiman T. Presence in virtual reality: Importance and methods to increase it. *Virtual Reality* 2012: 107-123.
59. Rizzo A, Pair J, Graap K, Manson B, McNerney PJ. A Virtual Reality Exposure Therapy Application for Iraq War Military Personnel with Post Traumatic Stress Disorder: From Training to Toy to Treatment. *NATO Advanced Research Workshop on Novel Approaches to the Diagnosis and Treatment of Posttraumatic Stress Disorder* 2006.
60. Da Costa R, Carvalho L. The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: A report of positive results with schizophrenia. *Computer methods and programs in biomedicine* 2004; 73: 173-82.
61. Valmaggia L, Freeman D, Green C, Garety P, Swapp D, Antley A, et al. Virtual reality and paranoid ideations in people with an 'at-risk mental state' for psychosis. *Br J Psychiatry Suppl* 2007; 51:63-68.
62. Fornells-Ambrojo M, Barker C, Swapp D, Slater M, Antley A, Freeman D. Virtual reality and persecutory delusions: safety and feasibility. *Schizophr Res* 2008; 104: 228-236.
63. Fornells-Ambrojo M, Freeman D, Slater M, Swapp D, Antley A, Barker C. How do people with persecutory delusions evaluate threat in a controlled social environment? A qualitative study using virtual reality. *Behav Cogn Psychother* 2015; 43: 89-107.
64. Hesse K, Schroeder PA, Scheeff J, Klingberg S, Plewnia C. Experimental variation of social stress in virtual reality – feasibility and first results in patients with psychotic disorders. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 2017; 56: 129-136.
65. Veling W, Brinkman WP, Dorrestijn E, van der Gaag M. Virtual reality experiments linking social environment and psychosis: A pilot study. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2014; 17: 191-195.
66. Pot-Kolder R, Veling W, Couston J, van der Gaag M. Anxiety Partially Mediates Cybersickness Symptoms in Immersive Virtual Reality Environments. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2018; 21: 187-193.
67. Bouchard S, St-Jacques J, Renaud P, Wiederhold B. Side effects of immersions in virtual reality for people suffering from anxiety disorders. *J Cyber Ther Rehabil* 2009; 2: 127-137.
68. Botella C, Serrano B, Baños RM, Garcia-Palacios A. Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2015; 11: 2533-2545.
69. Aardema F, O'Connor K, Côté S, Taillon A. Virtual reality induces dissociation and lowers sense of presence in objective reality. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2010; 13: 429-435.
70. Davis S, Nesbitt K, Nalivaiko E. A systematic review of Cybersickness. *Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment – IE* 2014.
71. Sharples S, Cobb S, Moody A, Wilson JR. Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays* 2008; 29: 58-69.
72. Stanney K, Kennedy R, Drexler J. Cybersickness is not simulator sickness. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 1997; 41: 1138-1142.
73. Joseph J, LaViola JR. A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin* 2000; 32: 47-56.
74. Clemes SA, Howarth PA. The menstrual cycle and susceptibility to virtual simulation sickness. *J Biol Rhythms* 2005; 20: 71-82.
75. Kolasinski EM. Simulator sickness in virtual environments (Technical Report). United States Army Research Institute for Behavioral and Social Sciences 1995.

76. Ling Y, Brinkman WP, Nefs HT, Qu Ch. Cybersickness and anxiety in virtual environments. *J Cyber Ther Rehabil* 2011; 4: 15-25.
77. Kim YY, Kim HJ, Kim EN, Ko HD, Kim HT. Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. *Psychophysiology* 2005; 42: 616-625.
78. Nozick R. *Anarchy, State, and Utopia*. New York: Basic Books; 1974.
79. Dreyfus H. *On the Internet*. Routledge: 2001.
80. Teo A, Choi H, Andrea S, Valenstein M, Newsom J, Dobscha S, et al. Does mode of contact with different types of social relationships predict depression in older adults? Evidence from a nationally representative survey. *J Am Geriatr Soc* 2015; 63: 2014-2022.
81. [www.businessinsider.com/goldman-sachs-predicts-vr-will-be-bigger-than-tv-in-10-years-2016-1?IR=T](http://www.businessinsider.com/goldman-sachs-predicts-vr-will-be-bigger-than-tv-in-10-years-2016-1?IR=T) (Accessed: 22.11.2018).