

# SOLIDNY PLAN NA SOLID-STATE BATTERIES

## DR INŻ. MICHAŁ STRUZIK O BEZPIECZEŃSTWIE LITOWYCH BATERII



**Wydział  
Fizyki**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

### **Czego dotyczą badania, które prowadzi Pan w ramach Priorytetowego Obszaru Badawczego PW?**

Tematyka dotyczy nowych technologii dla magazynowania energii i dotyczy zarówno nowych materiałów, jak i z nowego podejścia do projektowania magazynów energii. W naszych badaniach skupiamy się na bateriach litowych i adresujemy razem z zespołem pewne cechy, które w dzisiejszych bateriach, znanych z telefonów komórkowych czy innych urządzeń mobilnych, wciąż mogą być poprawiane.

### **Proszę opowiedzieć, w czym baterie litowe mogą być jeszcze lepsze?**

Skupmy się szczególnie na aspektach związanych z bezpieczeństwem. Od czasu do czasu słyszy się o różnych incydentach, czasem niebezpiecznych

w skutkach, w których baterie odgrywają kluczową rolę. Przyczyną większości z tych incydentów są uszkodzenia mechaniczne baterii lub ich użycie w niesprzyjających warunkach, takich jak np. wysoka lub niska temperatura, które przyspieszają proces starzenia się baterii, a czasem też ujawniają wady produkcyjne. Pamiętajmy, że jakość i sposób wykonania baterii są kluczem do ich bezpiecznego użycia, a wiąże się to z budową baterii.

W dużym skrócie, wewnątrz każdej baterii znajdziemy dwie warstwy materiałów aktywnych, zwanych elektrodami, w których przechowywana jest energia w postaci ładunku elektrycznego. Te warstwy są bardzo blisko siebie, ale się nie stykają ze sobą. Ta niewielka przestrzeń pomiędzy nimi jest wypełniona materiałem, który nazywamy elektrolitem. Ma on dwa główne zadania – po pierwsze ma umożliwić swobodny i kontrolowany przepływ jonów litu od jednej elektrody do drugiej oraz, po drugie, uniemożliwić elektronom podróż na skróty pomiędzy elektrodami wewnątrz baterii. W popularnych dzisiaj bateriach elektrolit jest zwykle ciekły i tworzy go specjalna sól litu lub ciecz jonowa wymieszana z rozpuszczalnikiem. To duże uproszczenie, ale na nasze potrzeby wystarczające.

Kiedy bateria dozna uszkodzenia mechanicznego, wówczas możliwe jest zwarcie pomiędzy elektrodami i gwałtowny przepływ prądu, który może

prowadzić w najgorszym przypadku do zapłonu baterii lub tego, co jest w jej bezpośrednim kontakcie. Są też możliwe inne scenariusze, które zwykle się przytrafiają, gdy korzystamy z baterii przez długi okres. Takim budzącym spore emocje będzie chyba rozrost dendrytów litowych. To bardzo ładnie brzmi, ale może być całkiem niebezpieczne. Kiedy używamy baterii w niesprzyjających warunkach przez jakiś okres, może ona ulegać powolnej degradacji, która polega to na tym, że pomiędzy elektrodami powoli narasta mała kolumnka atomów litu, która z każdym ładowaniem i rozładowaniem baterii może się rozrastać, rozgałęziać i z czasem zaczyna wyglądać, jak mikroskopijne drzewo lub połączenia nerwowe w naszym organizmie, skąd zresztą nazwa dendryty litowe. Kiedy taki dendryt się bardzo rozrośnie i dotrze do drugiej elektrody zwiera ogniwo. Oznacza to, że przez tę bardzo wąską ścieżkę zaczyna płynąć bardzo duży prąd i wydziela się dużo ciepła, które jeszcze bardziej przyspiesza degradację baterii, np. rozpad elektrolitu, z którego odparowują różne gazy, przez co w baterii narasta ciśnienie, które jak się łatwo domyślić nie jest dobrym pomysłem w zamkniętej przestrzeni baterii. Innymi słowy w przypadku zwarcia wewnątrz baterii następuje kaskada zdarzeń, które mogą prowadzić nawet do jej zapłonu

W moich badaniach koncentruje się na tym, żeby zastąpić elektrolit ciekły elektrolitem stałym, który jest dodat-

kowo materiałem ceramicznym albo polikrystalicznym, jeśli tak bardziej naukowo mówimy. Kiedy zastępujemy elektrolit ciekły stałym, to po pierwsze jony litu są związane w jego strukturze krystalicznej. Nawet, jeżeli nastąpi mechaniczne uszkodzenie, np. przebicie baterii, to nic nie odparowuje, nic nie zaczyna gwałtownie reagować. Wszelkie możliwe reakcje są reakcjami powolnymi, spokojnymi, przy których nie wydziela się tak dużo ciepła, jak w przypadku, który opisałem wcześniej. W efekcie zyskujemy na bezpieczeństwie.

**Podaję, że wiele osób doświadczyło wylewania tradycyjnej baterii w jakimś urządzeniu, więc poprawa bezpieczeństwa jest tu chyba jasna. Jakie jeszcze zmiany niesie nowa budowa baterii?**

Samo zastąpienie elektrolitu ciekłego stałym pociąga za sobą sporo konsekwencji. Przede wszystkim musimy dostosować sposób, w jaki tworzymy elektrody. Pierwsze badania pokazują, że bezpośrednio skopiowanie sposobu wytwarzania elektrod, którego używamy w bateriach z elektrolitem ciekłym nie sprawdza się za dobrze. Stąd też pracujemy nad nowymi rodzajami elektrod, które są dostosowane do pracy ze stałym elektrolitem. Warto pamiętać, że w skład elektrody poza materiałem, w którym magazynujemy jony litu, wchodzi też inne składniki. Używając nowego rodzaju elektrolitu musimy się przyjrzeć, jak te wszystkie komponenty działają w nowym otoczeniu. Jedne będą

działały lepiej, inne gorzej, a z jeszcze innych w ogóle może da się zrezygnować, upraszczając strukturę elektrody, być może zmniejszając koszty produkcji lub ułatwiając recykling zużytej baterii.

Ale według mnie, największym zyskiem z zastąpienia elektrolitu ciekłego elektrolitem ceramicznym będzie możliwość zminiaturyzowania baterii znacznie poniżej tego, co w tej chwili jest możliwe z elektrolitami ciekłymi. W tym celu musimy wykorzystać zaawansowane techniki wytwarzania układów cienkowarstwowych. I tutaj zaczyna się robić ciekawie, ponieważ już podążamy tą ścieżką. Budujemy nowe laboratorium, w którym będziemy mogli tworzyć nowe technologie i nowe rodzaje urządzeń do magazynowania energii w mikroskali. Mamy pomysł, żeby integrować baterie razem z innymi elementami elektronicznymi. W tej chwili w obwodach elektronicznych mamy różne elementy - układy scalone, kondensatory, diody, oporniki i resztę standardu elektronicznego. Natomiast baterie się trochę wymiksowały z tego podporządkowania jako elementu obwodu elektrycznego, bo są duże i już dawno przestały podążać za prawem Moore'a. W konsekwencji baterie traktujemy jako coś, co musi być gdzieś na zewnątrz, w jakimś pakiecie, który dodatkowo przyłączamy przewodem.

Natomiast są zastosowania, złasz-

cza w medycynie, w szeroko rozumianej sensoryce, gdzie takie małe baterie mogłyby być integrowane bezpośrednio z elektroniką i być nanoszone bezpośrednio obok obwodów logicznych. Nazywamy to on-chip integration i jest to kierunek, w którym idziemy: niewielkie wyspecjalizowane ogniwa, które mogą zasilać specjalistyczne urządzenia dla medycyny, monitorowania zdrowia, powietrza. Mikrobaterie są szczególnie atrakcyjne w tych wszystkich miejscach, gdzie chcemy mieć magazyn energii blisko, gdzie możemy obniżyć straty energetyczne wykorzystując krótkie dystanse.

Ponadto, baterie, nad którymi pracujemy, mają taką cechę, że kiedy je zagrzejemy, to one działają lepiej. Skąd się może brać to ciepło? Z elektroniki. Jeżeli Pani za długo rozmawia lub ogląda serial na telefonie, to on się grzeje, i my to ciepło potrafimy wykorzystać do tego, żeby nasza bateria działała jeszcze lepiej. Dodatkowo, jest wiele miejsc, gdzie wysoka temperatura ogranicza zastosowanie klasycznych baterii litowych i tam technologia, którą rozwijamy może pomóc.

Dodatkowo, coraz więcej mówi się o wykorzystaniu baterii ceramicznych (all-solid-state) w samochodach elektrycznych i w tej chwili chyba wszystkie duże koncerny opracowują nowe rodzaje baterii z bardzo

„Kiedy zastępujemy elektrolit ciekły stałym [...], nawet, jeżeli nastąpi mechaniczne uszkodzenie, np. przebicie baterii, to nic nie odparowuje, nic nie zaczyna gwałtownie reagować. [...] W efekcie zyskujemy na bezpieczeństwie”.

ważną ścieżką wdrożeniową. Czas pokaże, jakie są granice stosowania tych nowych technologii, ale nie ulega wątpliwości, że z naszymi badaniami bierzemy udział w procesie, który jest bardzo aktualny i przyszłościowy.

**Z perspektywy użytkownika bateria jest elementem wymiennym, niezależnym do urządzenia. Nie martwię się o jej trwałość, bo kiedy się wyładuje to wymieniam na nową. Co z urządzeniem, kiedy taka zintegrowana, niewymienna, bateria utraci żywotność?**

To jest zdecydowanie szersze pytanie. Rozmawiamy w tej chwili o technologii, która ożyła mniej więcej 10 lat temu, kiedy odkryto nowe materiały o pożądanych właściwościach, więc jest to tak naprawdę nowa działka. Powstały prototypy, które są bardzo obiecujące, natomiast jeżeli chodzi o czas życia, to czas życia baterii mierzony w laboratorium nie jest do końca tym samym, co jej czas życia w życiu codziennym, gdzie jest Użytkownik, który ma swoje przyzwyczajenia i niekoniecznie postępuje zgodnie z protokołem rozładowania baterii używanym w laboratorium; życie ma swoją specyfikę, której w laborato-

rium zwykle nie modelujemy. Natomiast, wychodząc od podstawowych praw przyrody, wszystkie procesy, łącznie z procesami degradacyjnymi, które zachodzą w ciele stałym, są procesami bardziej powolnymi od tych, które zachodzą w cieczach. W związku z tym, możemy prognozować, że zastąpienie elektrolitu ciekłego stałym będzie skutkowało wydłużonym czasem życia baterii. No i oczywiście należy pamiętać, że przez cały czas mówimy o bateriach, które można ładować, więc nie proponujemy rozwiązania jednorazowego.

**Co spowodowało, że pojawił się pomysł na zastosowanie ciała stałego, zamiast płynnego elektrolitu? Czy nikt wcześniej na to nie wpadł czy było niemożliwe z jakiegoś powodu?**

Koncepcja jest znana praktycznie od dziesięcioleci i pojawiła się nawet za-

„Baterie, nad którymi pracujemy, mają taką cechę, że kiedy je zagrzejemy, to one działają lepiej. [...]Jeżeli Pani za długo rozmawia lub ogląda serial na telefonie, to on się grzeje, i my to ciepło potrafimy wykorzystać do tego, żeby nasza bateria działała jeszcze lepiej”.

nim na początku lat dziewięćdziesiątych John Goodenough wprowadził pierwszą baterię litową. Z czasem użytkownika okazało się, że w bateriach zachodzą procesy degradacyjne i już wtedy myślano o tym, w jaki

sposób można je ograniczyć i poprawić bezpieczeństwo baterii. Sam koncept zastąpienia elektrolitu z ciekłego stałym jest dosyć stary, ale jego realizacja była nieosiągalna ze względu na brak właściwych materiałów i koszty technologii. Dopiero w pierwszej dekadzie po 2000 r. odkryto trzy grupy materiałów, które są bardzo obiecujące w tym zakresie: wykazują pożądane właściwości fizykochemiczne i są dostatecznie stabilne. Albo właśnie – są bardziej stabilne niż ciekłe elektrolity. Wykazują też wystarczająco duże przewodnictwo, umożliwiając szybki transport jonów litu pomiędzy elektrodami. Jeżeli zauważymy, że te materiały odkryto w okolicach 2004 i 2007 roku, to widać, jak świeży to temat.

**Skąd w ogóle pomysł, aby zająć się bateriami?**

Tematyką materiałów dla energetyki zajmuję się praktycznie od początku mojej kariery naukowej na Politechnice, czyli jak w przypadku wielu osób od czasów pracy magisterskiej. Początkowo zajmowałem się materiałami do ogniw paliwowych, a bateriami litowymi zacząłem się zajmować w czasie pracy jako post-doc w ETH w Zurychu i MIT w Bostonie. Razem z ówczesną grupą prof. Rupp rozpoczęliśmy badania w obszarze ceramicznych baterii litowych i... tak mi

zostało. Sporo pomysłów zrealizowałem jeszcze będąc za granicą, ale im głębiej wgryza się w temat, tym więcej pomysłów powstaje. Przyjechałem na Politechnikę z nowymi pomysłami i scenariuszami do przetestowania, buduję nową grupę, gdzie zajmujemy się tą tematyką, ponieważ jest to obecnie bardzo istotny i aktualny temat. Poza tym czułem, że nie jest to temat wyeksploatowany – jest na tyle ciekawy, że chciałem mu poświęcić więcej czasu.

Ponadto, temat bardzo dobrze wpisuje się w potrzeby związane z rozwijaniem się elektromobilności. W przeciwieństwie do takich makroskopowych dużych baterii, które umieszczamy w samochodach, wydaje mi się, że będziemy mieć całkiem duże zapotrzebowanie na elektronikę, w szczególności taką która będzie monitorowała stan naszego organizmu. Nie jest tajemnicą, że społeczeństwo się nam starzeje. W związku z tym, my, jako naukowcy, nie powinniśmy udawać, że to jest problem, który rozwiąże ktoś inny. Jesteśmy w stanie przewidzieć, że im będziemy starsi, im starsze będzie społeczeństwo, tym większe będzie zapotrzebowanie na to, żeby w czasie rzeczywistym monitorować pracę serca, puls, temperaturę, ale będziemy też chcieli monitorować bardziej specyficzne parametry życiowe, np. co się dzieje w krwi, czy w moczu. Wiele tego typu parametrów będziemy w stanie monitorować i przesyłać do lekarza za pomocą spersonalizowanej, bardzo małej elektroniki, którą będziemy no-

sili jak zegarek, na nadgarstku albo będziemy naklejali na klatkę piersiową lub ramieniu. Lekarz będzie mieć dostęp do podstawowej diagnostyki praktycznie w czasie rzeczywistym. Już teraz pracuje się nad systemami dozowania leków, które podają przez skórę leki w odpowiednich dawkach w odpowiednim momencie – czymś musimy te układy zasilić. Naszym zadaniem jest opracowanie technologii, która będzie mogła sprostać temu wyzwaniu.

**No i jak taka bateria naklejona na skórę miałyby działać? Czy taka bliskość do ciała jest bezpieczna?**

Materiały ceramiczne, o których mówimy są znacznie bezpieczniejsze niż te używane w dzisiejszych bateriach z elektrolitem ciekłym, w których występują szkodliwe rozpuszczalniki. Nawet kiedy bateria ceramiczna pęknie, będzie podobnie niebezpieczna dla organizmu jak potłuczony talerz. Z mojego punktu widzenia, bezpieczeństwo to kluczowy dla użytkownika aspekt, na który kładę duży nacisk. Kiedy chcemy zwiększyć ilość zgromadzonej w baterii energii, musimy podnieść jej masę, czyli zwiększyć ilość materiałów, z których jest wykonana, a więc lepiej, żeby to były bezpieczne materiały. Jeśli mam być szczerzy, to kiedy stoję w korku i obok mnie staje samochód elektryczny, mam wystarczającą wyobraźnię, żeby sobie ułożyć w głowie scenariusz z jakiegoś filmu katastroficznego.

**To częsty motyw w kinie akcji, że samochód z silnikiem spalinowym przy**



## **niewielkim nawet zderzeniu spektakularnie wybuchu i płonie.**

Nie, to nie będzie eksplozja. To będzie raczej długi pożar, który jest trudny do ugaszenia, trudny do opanowania, w trakcie którego wydziela się bardzo dużo toksycznych substancji. Jak w sumie w każdym pożarze. Tutaj pewna trudność wynika z charakteru tego pożaru.

## **Czyli nawet takie specjalistyczne gaśnice, które gdzieś tam trzymam pod siedzeniem kierowcy...**

Gaśnice, z jakimi dzisiaj jeździmy, raczej niewiele pomogą. Można natrafić na informacje prasowe, donoszące o pożarze samochodu elektrycznego, opatrzone fotografią, na której widać odrobinę podwozia i troszeczkę zderzaka przedniego i tylnego – więcej samochodu po takim pożarze raczej nie ma. Mimo, że nie towarzyszy mu spektakularny wybuch, to temperatury mogą być wyższe, a sam pożar jest trudniejszy do opanowania.

## **Co właściwie powoduje, że powstaje awaria, która prowadzi do takich skutków?**

W samochodzie możemy mieć nawet i pół tony baterii; to ok. 10 tysięcy ogni. Wystarczy nieszczęśliwy zbieg okoliczności, np. żeby jedno z ogni było wadliwe lub uszkodziło się w trakcie eksploatacji. Jeżeli takie ogniwo zacznie się bardzo mocno grzać oraz zawiodą układy bezpieczeństwa, które mają odcinać fragmenty baterii w przypadku, kie-

dy następuje kolaps termiczny to mamy gotowy scenariusz na pożar chemiczny. Pożar samochodu elektrycznego, jest de facto katastrofą chemiczną, ponieważ mówimy o ok. kilkuset kilogramach materiałów, które chcą przereagować z powietrzem atmosferycznym. Z jednej strony, mówiąc skrótowo, lit bardzo lubi reagować z tlenem, a jeżeli dołożymy do tego wilgoć w powietrzu, np. świeżo po deszczu, to mamy warunki sprzyjające wystąpieniu całej kaskady reakcji chemicznych, które napędzają się nawzajem, a w każdej z nich wydziela się dużo ciepła. Właściwie jedynym sposobem na ugaszenie takiego samochodu jest wrzucenie go do kontenera z wodą i zostawienie na tydzień, żeby wszystko co ma przereagować, przereagowało. Takiego pożaru nie da się ugasić klasycznymi metodami.

## **To o zagrożeniach. Wróćmy do zalet, bo ostatecznie baterie wykorzystujące stały elektrolit są jednak bezpieczniejsze niż te z płynnym. Do czego możemy jeszcze wykorzystać baterie ceramiczne (solid-state batteries)?**

Takie hasło: stackowanie baterii, czyli robienie pakietów baterii. W przypadku klasycznych baterii mamy bardzo ograniczone możliwości upakowania dużej ilości ogni w małej objętości. W przypadku baterii ceramicznych, zwłaszcza tych cienkowarstwowych, które mogą mieć grubość

nawet pojedynczych mikronów, możemy zasaleć ze stackowaniem. Dzisiaj jesteśmy właściwie ograniczeni do płaskiej struktury kanapkowej, która może być zrolowana i zamknięta w kształcie cylindra lub koperty. W przypadku mikrobaterii możemy uruchomić trzeci wymiar i podejść w sposób bardziej kreatywny do podłoża, na którym wytwarzamy baterię. Przykładowo, opracowywane są koncepcje struktur trójwymiarowych, w kształcie siatki małych studni, wydrążonych w podłożu, które zajmują małą powierzchnię, natomiast można w nich zgromadzić bardzo dużo energii.

## **Wspominał Pan wcześniej o tym, że naukowcy nie mogą udawać, że nie ma pewnych problemów, że obowiązkiem naukowca jest świadome stawienie im czoła. Jakby Pan określił, jest jaka jest rola naukowca?**

Kształtowanie świata i odpowiadanie na problemy, które jeszcze się nie pojawiły. Przewidywanie problemów, przewidywanie wyzwań i proponowanie rozwiązań zanim staną się prawdziwymi problemami.

## **To bardzo przemyślana odpowiedź.**

Sporo ostatnio o tym rozmawiamy, nie tylko prywatnie, ale również w kontekście strategii rozwoju wydziału czy uczelni. Naukowiec nie może tylko siedzieć zamknięty w laboratorium. Praca naukowca, który

„Już teraz pracuje się nad systemami dozowania leków, które podają przez skórę leki w odpowiednich dawkach w odpowiednim momencie – czymś musimy te układy zasilić. Naszym zadaniem jest opracowanie technologii, która będzie mogła sprostać temu wyzwaniu”.

w naszych warunkach bardzo często pracuje za pieniądze podatnika, powinna służyć społeczeństwu. Z mojej perspektywy należy dbać o to, żeby utrzymywać równowagę pomiędzy badaniami podstawowymi a badaniami aplikacyjnymi, bo jedne i drugie kształtują i zmieniają świat. Dzięki symbiozie badań podstawowych oraz aplikacyjnych możemy dokonywać prawdziwych przełomów – gdyby nie badania podstawowe, nie mielibyśmy dysków SSD ani nawet dysków twardych... Gdyby nie dostrzeżono szansy na praktyczne wykorzystanie gigantycznego magnetooporu, czyli całkiem elementarnego zjawiska fizycznego, i nie zaangażowano by się w jego aplikacyjne wdrożenie świat wyglądałby dzisiaj trochę inaczej.

Zysk społeczny wynikający z opisu nowego zjawiska fizycznego byłby chyba trochę mniejszy niż wykorzystanie tego zjawiska jako bazy dla nowej technologii służącej do przechowywania informacji. Z drugiej strony trudno sobie wyobrazić rozwój zaawansowanej technologii bez



zrozumienia podstaw jej funkcjonowania. Dzięki dobremu mariażowi badań podstawowych i aplikacyjnych popychamy świat odrobinę do przodu i tworzymy coraz fajniejsze możliwości dla społeczeństwa. To taka forma służebna. Powinniśmy być trzy kroki przed społeczeństwem i przewidywać, jakie za 5 lat, za 10 lat, za 15 lat będą wyzwania, z którymi przyjdzie nam się zmierzyć i już pracować nad gotowymi rozwiązaniami. Oczywiście wdrożenie i realizacja takiej postawy nie są łatwe, zwłaszcza w świecie, w którym post w mediach społecznościowych dotyczący teorii spiskowych ma lepszy odbiór i większy zasięg niż opinia ekspercka; jednak nie możemy poddać się dominacji szaleństwa.

Jeżeli chcemy, żeby praca naukowa służyła rozwojowi społeczeństwa, to musimy się wyróżniać, mieć szersze spojrzenie. To jest chyba największa wartość, jaką przywozłem z post-doca – szersze spojrzenie na moją dys-

cyplinę. Szersze spojrzenie na to, czym może być nauka i w jaki sposób naukę można uprawiać. W tej chwili działamy bardziej interdyscyplinarnie niż 10 lat temu. Zdobycie umiejętności komunikacji i współpracy z wieloma zespołami z całego świata, nie tylko z naszej wąskiej specjalizacji, też było doskonałym doświadczeniem, którym w tej chwili chcę się dzielić tutaj lokalnie i pokazywać młodym naukowcom ścieżkę, że można, a właściwie, że trzeba szukać powiązań z innymi dziedzinami nauki.

**Bardzo dobrze, że poruszył pan temat młodych naukowców, bo planowałam się dopytać: jak to się właściwie stało, że zajęł się pan nauką?**

Na pewno ciekawość i potrzeba wykorzystania jakiejś kreatywnej iskry, która się gdzieś tam w środku tli i powoduje, że rodzą się pomysły,

budzi się potrzeba, żeby coś skonstruować, coś rozwiązać, albo zrobić coś lepiej; najlepiej, żeby miało konkretny wpływ choćby na niewielki wycinek mojego otoczenia; coś, co może pomóc mnie, moim bliskim lub innym ludziom w ogóle. To takie trochę pozytywistyczne podejście, bo wierzę, że drobne – albo jak się poszczęści to duże – rozwiązania, które rozwijamy, mogą przyczynić się do tego, że żyjemy w trochę lepszym i trochę bezpieczniejszym świecie.

Istotne jest też dla mnie to, żeby te rozwiązania, które proponujemy, były możliwie mało agresywne w stosunku do otaczającego nas środowiska. Zwłaszcza, że wciąż mamy nastawienie do wykorzystywania przyrody i jeżeli trzeba postawić fabrykę, to stawiamy fabrykę, niezależnie od tego, jakie koszty regionalne czy społeczne postawienie jej pociągnie za sobą. Uważam, że istotne jest, żebyśmy zadbali o swoje podwórko i myśleli w dłuższej perspektywie, np. co będzie za 20 lat – jak ten budynek, czy ta linia produkcyjna będzie wyglądać za 20, 30 lat? Czy będzie funkcjonalny? Czy będzie się go dało zredefiniować? Czy to będzie szkaradztwo, które będzie straszyć kolejne pokolenia? Czy linia produkcyjna da się dostosować do nowych technologii? Czy gadżet elektroniczny, który kupiliśmy podda się recyklingowi, czy zalegnie na wysypisku śmieci? Myślę, że takie drobne kroki powinniśmy wpleść w system kształcenia młodych ludzi, bo w ten sposób możemy trochę zracjonalizować podejście do jakości życia w Pol-

sce nie tylko dzisiaj, ale zwłaszcza dla przyszłych pokoleń.

Wracając do baterii, to jednym z wyzwań jest w tej chwili recykling baterii i odzyskiwanie materiałów, a pamiętajmy, że naszym celem powinna być gospodarka o obiegu zamkniętym. W momencie, kiedy mamy ciekłe komponenty, część z nich, chcąc nie chcąc, idzie w atmosferę. W atmosferze już mamy wystarczająco dużo niefajnych rzeczy, więc nie chciałbym, żeby było ich więcej. W związku z tym, w moim rozwiązaniu użyte materiały powinny być docelowo prostsze w recyklingu i ponownym wykorzystaniu. To istotne, by projektowane rozwiązania miały możliwie mały wpływ na środowisko.

**Rozmowę przeprowadziła:**  
dr Aleksandra Wycisk  
(DBA CZII TT PW)