NARODOWE CENTRUM BADAŃ I ROZWOJU

Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych

„Nowoczesne technologie materiałowe”

TECHMATSTRATEG

Warszawa, czerwiec 2015

Spis treści

1. Wstęp i podstawa prawna ... 3

2. Uzasadnienie ... 4

3. Diagnoza sytuacji w obszarach nauki i gospodarki objętych Programem ... 9

3.1. Technologie materiałów konstrukcyjnych ... 9
3.2. Technologie materiałów fotonicznych i nanoelektronicznych ... 10
3.3. Technologie materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach ... 14
3.4. Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich ... 17
3.5. Technologie materiałów dla magazynowania i przesyłu energii ... 20

4. Zakres tematyczny Programu ... 24

4.1. Technologie materiałów konstrukcyjnych ... 24
4.2. Technologie materiałów fotonicznych i nanoelektronicznych ... 25
4.3. Technologie materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach ... 26
4.4. Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich ... 27
4.5. Technologie materiałów dla magazynowania i przesyłu energii ... 27

5. Określenie celu głównego i celów szczegółowych realizacji Programu ... 28

6. Ustalenie sposobu monitorowania i oceny realizacji celów Programu ... 29

6.1. Statystyki dotyczące wielkości i efektywności nakładów na badania (2013 r.) ... 30
6.2. Docelowe wartości wskaźników ... 31

7. Określenie ryzyka dla osiągnięcia celów Programu ... 33

8. Sposób interwencji i warunki realizacji projektów w ramach Programu ... 34

9. Harmonogram realizacji Programu ... 37

10. Plan finansowy Programu, w tym źródła finansowania ... 39

11. System realizacji i zarządzania Programem ... 39

12. Matryca logiczna Programu ... 41

1. Wstęp i podstawa prawna

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) działa w ramach wyznaczonych Ustawą[1], która określa Centrum jako agencję wykonawczą powołaną do realizacji zadań z zakresu polityki naukowej, naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa. Ustawa definiuje zadania Centrum oraz instrumenty oddziaływania na kierunki prowadzonych w Polsce badań. Jednym z takich instrumentów jest strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych (program strategiczny), zdefiniowany w Ustawie jako program realizowany w ramach jednego ze strategicznych kierunków badań określonych w Krajowym Programie Badań.

Krajowy Program Badań (KPB)[2], ustanowiony przez Radę Ministrów w formie uchwały (art. 4 ust. 1 ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki (Dz. U. z 2014 r. poz. 1620 oraz Dz. U. z 2015 r. poz. 249), określa cel rozwoju polskiej nauki oraz wskazuje strategiczne dla państwa kierunki badań i prac rozwojowych.

Strategicznym celem rozwoju polskiej nauki jest podniesienie poziomu cywilizacyjnego Polski, m.in. poprzez pełniejsze wdrożenie jej wyników w edukacji, gospodarce i kulturze. Szczególnie ważnym zadaniem polskiej nauki jest udział w zmniejszaniu luki cywilizacyjnej między Polską, a krajami wysoko rozwiniętymi gospodarczo oraz w poprawie jakości życia polskiego społeczeństwa, a także w realizacji aspiracji rozwojowych obecnego i przyszłych pokoleń, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. Osiągnięcie tego celu wymaga koncentracji prac w wybranych, strategicznie ważnych, kierunkach badań naukowych i prac rozwojowych. KPB definiuje siedem strategicznych, interdyscyplinarnych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych:

1. Nowe technologie w zakresie energetyki;
2. Choroby cywilizacyjne, nowe leki oraz medycyna regeneracyjna;
3. Zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne;
4. Nowoczesne technologie materiałowe;
5. Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo;
6. Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków;
7. Bezpieczeństwo i obronność państwa.

Zgodnie z art. 15 pkt. 1 ustawy o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju Rada NCBR przygotowuje i przedstawia Ministrowi Nauki i Szkolnictwa Wyższego do zatwierdzenia projekty strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych wpisujących się w pierwsze sześć kierunków.

Podstawą programową do sformułowania niniejszego Programu jest zdefiniowany w Krajowym Programie Badań strategiczny kierunek badań naukowych i prac rozwojowych: **„Nowoczesne technologie materiałowe”.**

Podczas opracowania programu uwzględniono późniejsze względem KPB dokumenty, definiujące politykę państwa w obszarze nauki i gospodarki: Założenia Polityki Państwa

[1] Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (Dz. U. z 2014 r. poz. 1788 z późn. zm.).
[2] Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa – Załącznik do uchwały nr 164/2011 Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 2011 r.

w Obszarze Nauki do 2020 roku[3], Strategię Innowacyjności i Efektywności Gospodarki[4], Krajową Inteligentną Specjalizację[5], Narodowy Program Foresight POLSKA 2020[6], Foresight Technologiczny Przemysłu – InSight 2030[7]. Dzięki temu finalny kształt Programu odzwierciedla cele i intencje strategicznego kierunku badań określonego w KPB, a jednocześnie wpisuje planowane działania w obszar aktualnej strategii i polityki państwa zarówno w obszarze nauki, jak i innowacyjnej gospodarki.

2. Uzasadnienie

Krajowy Program Badań wskazuje multidyscyplinarne badania z zakresu chemii, fizyki, biologii, farmacji i nauk technicznych jako źródło innowacyjnych produktów i materiałów o nowych lub udoskonalonych właściwościach, których zastosowanie może przyspieszyć rozwój gospodarczy kraju i przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa i poziomu życia jego mieszkańców.

Wprowadzenie na rynek nowoczesnych materiałów oraz produktów powstałych z użyciem tych materiałów wymaga zaangażowania jednostek naukowych, dysponujących odpowiednim potencjałem intelektualnym i zapleczem badawczym, oraz stałej współpracy tych jednostek z przemysłem. Dzięki inwestycjom poczynionym w ostatnich latach w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013[8], Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko[9] oraz Polskiej Mapy Drogowej Infrastruktury Badawczej[10], jednostki naukowe działające w dziedzinie nauk materiałowych i technologicznych znacznie poprawiły swoje zaplecze laboratoryjne. Kluczowym zagadnieniem pozostaje współpraca jednostek badawczych z przemysłem. To przedsiębiorstwa muszą dysponować odpowiednim potencjałem dla wdrożenia opracowanych w jednostkach naukowych nowych technologii materiałowych. Od zaangażowania przedsiębiorców zależeć będzie również wprowadzenie innowacyjnych produktów i materiałów na rynek. Rozwój nowych technologii materiałowych musi być skorelowany z możliwościami pozyskiwania surowców służących do wyrobu nowych materiałów i produktów powstałych na ich bazie.

Obszar programu „Nowoczesne technologie materiałowe” obejmuje cztery priorytetowe obszary B+R+I (badania, rozwój, innowacje) zidentyfikowane w trakcie opracowywania Krajowej Inteligentnej Specjalizacji: *wielofunkcyjne materiały i kompozyty o zaawansowanych właściwościach, w tym nanoprocesy i nanoprodukty; optoelektroniczne systemy i materiały;*

[3] Założenia polityki państwa w obszarze nauki do 2020 roku, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, https://www.poig.gov.pl/konfszkol/konferencje/Documents/2_dki_MNiSW180613.pdf
[4] Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, Ministerstwo Gospodarki, http://www.mg.gov.pl/files/upload/20046/SIEG_PL_wersja%20ksiazkowa.pdf
[5] Krajowa inteligentna specjalizacja, Ministerstwo Gospodarki, http://www.mg.gov.pl/printpdf/15049
[6] Narodowy Program Foresight Polska 2020, http://foresight.polska2020.pl/export/sites/foresight/pl/news/files/Wyniki_NPF-Polska_2020.pdf
[7] Foresight technologiczny przemysłu – InSight 2030, Ministerstwo Gospodarki, http://konfederacjalewiatan.pl/_files/2013_01/MG_Foresight_Technologiczny_2030_werjsa_elektorniczna.pdf
[8] Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, http://www.poig.gov.pl/Strony/default.aspx
[9] Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko. http://www.pois.gov.pl/Strony/default.aspx
[10] Polska mapa drogowa infrastruktury badawczej, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, http://www.nauka.gov.pl/dokumenty-strategiczne/polska-mapa-drogowa-infrastruktury-badawczej.html

sensory (w tym biosensory) i inteligentne sieci sensorowe; elektronika oparta na polimerach przewodzących. Krajowa Inteligentna Specjalizacja wskazuje, że nakłady na badania, rozwój i innowacje powinny być koncentrowane na priorytetowych obszarach, w których Polska dysponuje potencjałem rozwojowym, a ich rozwój przyczyni się do transformacji gospodarki kraju. Wskazane w Krajowej Inteligentnej Specjalizacji obszary B+R+I będą stanowić warunek udzielania wsparcia rozwoju prac badawczych, rozwojowych i innowacyjności w ramach nowej perspektywy finansowej na lata 2014-2020.

Jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed gospodarką kraju jest modernizacja infrastruktury transportowej oraz zapewnienie bezpieczeństwa, trwałości, użyteczności i niezawodności obiektów budowlanych. Niezbędnym warunkiem sprostania temu wyzwaniu jest opracowanie nowych **materiałów konstrukcyjnych** o wysokiej wytrzymałości i trwałości, a przy tym bezpiecznych dla zdrowia społeczeństwa i środowiska naturalnego. Wykorzystanie nanotechnologii, mikrotechnologii i biotechnologii czyni możliwym projektowanie i modyfikowanie struktury materiałów, tak aby uzyskać produkt o oczekiwanych właściwościach wytrzymałościowych, termicznych i innych. Ten obszar badań jest wymieniony na liście rekomendowanych technologii Narodowego Programu Foresight Polska 2020.

Kluczową rolę w wytwarzaniu materiałów konstrukcyjnych odgrywają metale i stopy metali. Światowe trendy w zakresie stosowania nowoczesnych metalicznych materiałów konstrukcyjnych preferują obecnie stopy lekkie i super lekkie na bazie aluminium i magnezu. Wynika to między innymi z potrzeb dynamicznie rozwijającego się przemysłu środków transportu samochodowego, kolejowego, lotniczego, morskiego, a także budownictwa. Duże znaczenie zachowują również konstrukcyjne materiały stalowe. Współczesne technologie wytwarzania wyrobów ze stali, są w dalszym ciągu intensywnie doskonalone, stwarzając coraz to nowe możliwości ich wykorzystania, co potwierdza dokument „Roadmap 2014”. Duże znaczenie mają też technologie stopów miedzi, w tym zwłaszcza elementy konstrukcyjne wykazujące cechy antybakteryjne, wytworzone z miedzi i jej stopów (systemy Cu+). W światowym bilansie materiałów konstrukcyjnych zużycie metali i stopów wzrasta średnio rocznie o około 3-4%[11].

Szybki rozwój infrastruktury komunikacyjnej i drogowej stwarza zapotrzebowanie na nowe rozwiązania w obszarze betonów konstrukcyjnych. Niezbędne są nowe materiały i technologie wytwarzania nawierzchni, konieczne dla sprostania rosnącemu natężeniu ruchu drogowego, w tym zwłaszcza ruchu pojazdów ciężkich. Prognoza zakłada m.in. wzrost natężenia transportu towarowego średnio o 75% tonokilometrów do roku 2020. Uwzględnia to Narodowy Program Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na lata 2013-2020[12].

[11] Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki, http://strateg.stat.gov.pl/Home/Strateg; EUROPA 2020 – Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu. Rada Europejska, 17 czerwca 2010 r. Metallurgy Made in and for Europe; “Roadmap 2014”. The World Copper,; Factbook 2013/ICSG/,European Aluminium Association/EAA/ Raport Konferencji Komitetu Metalurgii PAN 2013

[12] Narodowy Program Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na lata 2013-2020. Założenia i wytyczne. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa 2012; Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej; Warszawa, 22 stycznia 2013 r.

Jednym z ważnych czynników kreujących postęp cywilizacyjny kraju, ujętym w Krajowym Programie Badań, jest rozwój **technologii fotonicznych** oraz **mikro**- i **nanotechnologii**. Obszar nanoprocesów i nanomateriałów, a także fotoniki, jest wymieniony wśród konkurencyjnych obszarów przemysłowych, zidentyfikowanych w dokumencie Foresight Technologiczny Przemysłu – InSight2030, opracowanym na zlecenie Ministerstwa Gospodarki.

W technologiach tych upatruje się źródła materiałów nowej generacji, tworzących podstawę rozwoju nowych technik i zastosowań służących podniesieniu bezpieczeństwa i standardu życia oraz wpływających na wzrost innowacyjności i konkurencyjności krajowego przemysłu. Wymienione technologie należą do kluczowych technologii prorozwojowych (Key Enabling Technologies – KET), zdefiniowanych przez Komisję Europejską jako decydujące o przyszłości przemysłu europejskiego i dobrobycie obywateli[13]. Obecnie wartość globalnego rynku związanego z fotoniką jest szacowana na 350 mld euro[14]. Europa zajmuje silną i stabilną pozycję na tym rynku (udział 20%), opartą na rozwiniętym przemyśle oferującym ok. 290 000 miejsc pracy. Technologie fotoniczne działają stymulująco na rozwój gospodarki całej Unii Europejskiej. Szacuje się, że 20-30% europejskiej działalności gospodarczej jest związana z fotoniką. Rynek fotoniczny charakteryzuje się wielkim potencjałem wzrostu, szacowanym na 8% rocznie. Jego wartość ma osiągnąć 615 mld euro w 2020 r. Podobnie kształtuje się wartość globalnej produkcji przemysłu półprzewodnikowego (ok. 300 mld euro w 2010 r.)[15]. Przewiduje się, że ta tendencja utrzyma się co najmniej przez następną dekadę. Warto również podkreślić, iż w programie badań i innowacji Komisji Europejskiej „Horyzont 2020” (budżet 80 mld euro planowany na lata 2014-2020) główne kierunki badawcze koncentrują się wokół rozwoju KET, jako podstawy tworzenia Unii Innowacji.

Krajowy Program Badań wskazuje również na konieczność podjęcia badań dotyczących **technologii materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach**. Również ten obszar badań jest wymieniony na liście rekomendowanych technologii Narodowego Programu Foresight Polska 2020. Zakres obszaru obejmuje materiały, których właściwości zmieniają się w polu elektrycznym, magnetycznym, elektromagnetycznym, polu temperatury lub polu naprężeń. Jako rewolucyjne i wnoszące nową jakość w inżynierii materiałowej wymienia się tutaj nanomateriały. Oprócz klasycznych materiałów funkcjonalnych, takich jak materiały magnetostrykcyjne, materiały z pamięcią kształtu, czy materiały elektro- i magneto-reologiczne, należy tu wymienić materiały magnetyczne, ślizgowe, biomateriały, warstwy i pokrycia funkcjonalne, polimery, kompozyty, materiały włókniste, a także grupę tzw. materiałów inteligentnych, w tym termoelektrycznych i magnetokalorycznych. Główne zastosowania tych materiałów to: elementy czynne dla elektroniki i mikroelektroniki, sensory, katalizatory reakcji i procesów, aktuatory oraz nowe materiały energooszczędne i materiały lekkie. Szacuje się, że światowy potencjał rynkowy w wybranych obszarach będzie wynosił 58,1 mld USD w 2014 r. w zakresie biomateriałów,

[13] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego I Rady ustanawiające „Horyzont 2020” – program ramowy w zakresie badań naukowych i innowacji (2014–2020). Bruksela, 12.07.2013 r.
[14] Industry Reports Photonics 2013 – Management Report- World
[15] Foresight technologiczny przemysłu - InSight 2030, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2012

2,5 mld USD w 2016 r. w zakresie nanokompozytów i 6,0 mld USD w obszarze nanomateriałów oraz 2,1 mld USD w 2015 r. dla pokryć ochronnych i funkcjonalnych.

Gospodarczy rozwój kraju nie może odbywać się kosztem degradacji środowiska naturalnego. Zasady czystej produkcji, sformułowane w Unii Europejskiej w 1993 r.[16] zachęcają do minimalizowania ilości odpadów powstających w procesach produkcyjnych. W tym kontekście istotne jest opracowanie nowych technologii wytwarzania materiałów ulegających biodegradacji po okresie użytkowania lub podatnych na inne metody utylizacji. **Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich** są wymienione na liście rekomendowanych technologii o dużym potencjale rozwoju Narodowego Programu Foresight Polska 2020. Tworzywa biodegradowalne należą także do technologii pola badawczego 10 (zielona gospodarka) zdefiniowanego w treści dokumentu Foresight Technologiczny Przemysłu – InSight 2030 oraz były ujęte w analizach Krajowej Inteligentnej Specjalizacji. W tym zakresie niezwykle ważne są technologie materiałowe ograniczające ilość odpadów produkcyjnych i technologie bezodpadowe. Problem odpadów jest istotny w wielu gałęziach przemysłu, takich jak np. przemysł motoryzacyjny i przemysł opakowań. W przemyśle motoryzacyjnym, systematyczny rozwój technologii prowadzących do zmniejszania odpadów produkcyjnych i energochłonności procesów technologicznych, przy zachowaniu wysokiej jakości produktów jest uważany za kluczowy czynnik sukcesu.

W polskim przemyśle opakowań większość tworzyw produkuje się z polimerów syntetycznych, głównie pochodnych z przerobu ropy naftowej. Są one bardzo trwałe i praktycznie nie ulegają rozkładowi w środowisku naturalnym. Nagromadzenie wielkich ilości odpadów z tworzyw sztucznych tworzy poważny problem ekologiczny i gospodarczy. Około 80% odpadów z tworzyw syntetycznych stanowią odpady komunalne, głównie zużyte opakowania. Zalegają one na wysypiskach śmieci, które zajmują coraz większą powierzchnię. Wykorzystanie innowacyjnych biotechnologii może wzbogacić krajową bazę surowcową o polimery biodegradowalne. Dla sektora rolnego korzystne mogą być prace nad materiałami z biomasy odpadowej. Dużą zaletą wielu technologii otrzymywania biopolimerów z biomasy jest ograniczenie emisji CO_2 do atmosfery i ograniczenie wydatków energetycznych w porównaniu z produkcją polimerów z paliw kopalnych.

Ogromny balast dla środowiska w kraju stanowi też bardzo duża ilość odpadów przemysłowych w postaci żużli hutniczych i popiołów lotnych z elektrowni[17]. Odpowiedzią na potrzebę zagospodarowania tych odpadów (również niebezpiecznych) oraz zmniejszenia emisji CO_2 przy produkcji cementu jest opracowanie nowych technologii wytwarzania materiałów budowlanych, w tym spoiw mineralnych o dużej zdolności immobilizacji metali ciężkich. Dalszym krokiem jest opracowanie technologii produktów wykorzystujących te nowe spoiwa (betony, betony lekkie, kruszywa syntetyczne). Surowce odpadowe mogą być

[16] EMAS (PI), http://www.gdos.gov.pl/Articles/view/2563
United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry, and Economics, Resource Efficient and Cleaner Production, http://www.unep.fr/scp/cp/unep_unido_prog.htm

[17] PricewaterhouseCoopers Raport z 9.04.2014; Opracowanie Stowarzyszenia Producentów Cementu, 2014

również wykorzystane w nowych technologiach produkcji płytek ceramicznych, jako składniki masy ceramicznej.

Bezpieczeństwo energetyczne kraju przy rosnącym zapotrzebowaniu na energię wymaga prowadzenia badań aplikacyjnych w obszarze **technologii materiałów do magazynowania i przesyłu energii**. Badanie w tym obszarze lokują się w polu badawczym 7 (technologie kogeneracji i racjonalizacji gospodarowania energią) zdefiniowanym w treści dokumentu Foresight Technologiczny Przemysłu – InSight 2030. Spełnienie założeń Pakietu Klimatyczno-Energetycznego 3 x 20 Unii Europejskiej wymaga zwiększenia udziału energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) w całkowitym bilansie energetycznym Polski w 2020 r. do poziomu 20%. Równocześnie zakłada się, że nastąpi także 20% wzrost efektywności energetycznej. Aby osiągnąć te cele, konieczne są prace badawcze nad magazynowaniem energii oraz nad modernizacją linii przesyłowych. Niezwykle ważnym problemem przy wysokim zapotrzebowaniu na energię elektryczną w kraju (ok. 150 TWh) jest jej efektywne przesyłanie od wytwórcy do konsumenta. Iloraz maksymalnego i minimalnego zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce w 2013 r. wynosi 2,2 (24,8 GW/11,2 GW). Pomimo ogromnego postępu technologicznego nie jest możliwe zmagazynowanie takiej ilości energii. Musi ona zostać bezawaryjnie przesłana od miejsca wytworzenia do miejsca natychmiastowej konsumpcji. Szczególnego znaczenia w ramach przesyłu energii elektrycznej nabierają prace nad nowymi technologiami wytwarzania materiałów przewodzących o niskich stratach, dedykowanymi zarówno liniom wysokiego i średniego napięcia, jak i sieciom trakcji kolejowej, zwłaszcza kolei dużych prędkości.

Wynikiem przedstawionych rozważań jest skoncentrowanie programu na pięciu strategicznych obszarach problemowych, wynikających bezpośrednio z Krajowego Programu Badań oraz zgodnych z priorytetowymi kierunkami badań prowadzonych obecnie w Europie i na świecie. Obszarami tymi są:

1. Technologie materiałów konstrukcyjnych.
2. Technologie materiałów fotonicznych i nanoelektronicznych.
3. Technologie materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach.
4. Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich.
5. Technologie materiałów dla magazynowania i przesyłu energii.

W zaproponowanych obszarach będą finansowane projekty badawczo-rozwojowe, których realizacja ma przynieść społeczeństwu realne i wymierne korzyści w średnim i długim horyzoncie czasowym oraz przyczynić się do zwiększenia udziału polskich zespołów badawczych w projektach i inicjatywach realizowanych w ramach programu Horyzont 2020. Wynikiem realizacji projektów będzie opracowanie i przygotowanie wdrożenia nowych materiałów i technologii materiałowych, mających zastosowanie w dziedzinach objętych zakresem Programu. Udział przedsiębiorstw w pracach badawczo-rozwojowych będzie stymulował wzrost innowacyjności i konkurencyjności polskiej gospodarki.

Kadra naukowa polskich jednostek naukowo-badawczych jest dobrze przygotowana do realizacji Programu. Badania naukowe i prace rozwojowe w obszarze Programu są prowadzone na wielu wydziałach uczelni technicznych, licznych instytutach badawczych oraz w niektórych placówkach Polskiej Akademii Nauk. Polska posiada interdyscyplinarne zespoły naukowo-badawcze zdolne do skutecznego prowadzenia tego typu prac również w stadium wdrożeniowym. Kraj ma też potencjał gospodarczy stwarzający możliwości zapewnienia produkcji niezbędnych materiałów, bazując w dużej mierze na własnych surowcach.

3. Diagnoza sytuacji w obszarach nauki i gospodarki objętych Programem

3.1. Technologie materiałów konstrukcyjnych

Analiza porównawcza głównych materiałów konstrukcyjnych XXI wieku pokazuje, że stal i odlewnicze stopy żelaza zajmują czołowe miejsce, zarówno pod względem właściwości użytkowych, jak i możliwości recyklingu na wysokim poziomie[18]. W wyniku restrukturyzacji i modernizacji technologicznej przeprowadzonej w latach 1998-2006, polski sektor stalowy został włączony do europejskiego i światowego rynku. Jakkolwiek stal należy do materiałów tradycyjnych, to jednak konieczne jest dalsze prowadzenie prac badawczych dotyczących m.in. technologii wytwarzania stali wielofazowych, stali dla zastosowań specjalnych oraz technologii wytwarzania sferoidalnego hartowanego izotermicznie żeliwa ADI.

Zasadnicze znaczenie dla rozwoju gospodarki kraju ma rozwój technologii stopów metali lekkich, przede wszystkim aluminium i magnezu, używanych w coraz większym stopniu jako materiał konstrukcyjny nowoczesnych środków transportu. Prognozuje się, że wykorzystanie stopów aluminium może wzrosnąć z ok. 150 kg na samochód w 2010 r., do około 250 kg na samochód[19] w 2025 r. Ważnym materiałem są również stopy magnezu, których światowa produkcja systematycznie wzrasta w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Prognozuje się, że zużycie magnezu w nowoczesnym samochodzie[20] może niebawem przekroczyć 100 kg. Stale rośnie również światowa produkcja stopów tytanu[21], przeznaczonych w około 80% dla przemysłu lotniczego[22]. Polska zajmuje mocną pozycję w obszarze stopów metali nieżelaznych i ma duże szanse rozwojowe w tym obszarze[23].

W obszarze materiałów konstrukcyjnych na bazie polimerów można rozróżnić cztery podstawowe grupy: tworzywa termoplastyczne (termoplasty), tworzywa chemo- i termo-

[18] EUROPA 2020 – Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu. Rada Europejska, 17 czerwca 2010 r. Metallurgy Made in and for Europe; “Roadmap 2014”; The World Copper; Factbook 2013/ICSG/,European Aluminium Association/EAA/ Raport Konferencji Komitetu Metalurgii PAN 2013

[19] Hirsch J.: Aluminium in Innovative Light-Weight Car Design, Materials Trans., 52, No. 5 (2011) s. 818-824)

[20] Blawert N. C., Hort N., Kainer K. U.: Automotive applications of magnesium and its alloys, Trans. Indian Inst. Met., 57, 2004, s. 397-408)

[21] Projekt Foremat: „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych” tom 1,2, Praca zbiorowa, IPPT PAN Warszawa (2006), www.foremat.org.

[22] Cui Chunxiang,Hu BaoMin, Zhao Lichen, Liu Shuangjin: Titanium alloy production technology, market prospects and industry development, Mat. and Design, 32, 2011, s. 1684-1691)

[23] Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030: aktualizacja wyników oraz krajowa strategia inteligentnej specjalizacji (smart specialization), Ministerstwo Gospodarki, 2012; Projekt Foremat: „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych” tom 1,2, Praca zbiorowa, IPPT PAN Warszawa (2006), www.foremat.org

utwardzalne (duroplasty), elastomery i kompozyty o osnowie polimerowej. W Polsce wytwarza się wszystkie te grupy materiałów polimerowych, aczkolwiek w niedostatecznym wyborze i ilości. Opracowanie technologii nanokompozytów polimerowych otworzyło nowe drogi postępu, a duży efekt wzmocnienia osiąga się wskutek zastosowania niewielkich ilości nanofazy rozproszonej (poniżej 1% wagowego – fulereny, nanorurki węglowe, bądź poniżej 7% wagowych – montmorylonit, krzemionka). Istnieją też możliwości nadawania materiałom polimerowym pożądanych właściwości w procesach przetwórstwa[24].

Europejskie wymagania dotyczące niezawodności i trwałości obiektów budownictwa komunikacyjnego oraz stale rosnące natężenie ruchu drogowego, w tym zwłaszcza pojazdów ciężkich[25], stwarzają potrzebę nowych technologii i materiałów konstrukcyjnych. Dlatego niezbędne jest wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań technologicznych i opracowanie betonów nowej generacji oraz nawierzchni bitumicznych o zwiększonej trwałości[26].

Dużą rolę gospodarczą odgrywają materiały ceramiczne, w tym ceramika techniczna, oraz szkło, które znajduje różnorodne zastosowanie we współczesnej cywilizacji i poważnie wpływa na warunki i komfort życia ludzi. Postęp w budownictwie stwarza zapotrzebowanie na nowe technologie wytwarzania materiałów szklistych i ceramicznych o podwyższonych właściwościach mechanicznych oraz nowe technologie spajania ceramiki. Od lat w przemyśle ceramicznym i szklarskim dokonuje się szereg nowych inwestycji kapitałowych[27].

Gospodarcze znaczenie nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych w pełni uzasadnia podjęcie badań nad nowymi technologiami ich wytwarzania i przetwarzania. Prowadzenie badań w tym obszarze pozwoli na utrzymanie lub osiągnięcie przewagi konkurencyjnej w obszarze materiałów konstrukcyjnych.

Krajowy potencjał badawczy w obszarze technologii i materiałów konstrukcyjnych można uznać za wysoki w porównaniu do aktualnych możliwości wytwórczych.

3.2. Technologie materiałów fotonicznych i nanoelektronicznych

Prognozy Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA), obejmujące okres do 2035 r., przewidują trzykrotny wzrost produkcji energii wytwarzanej przez odnawialne źródła energii (OZE). Ważnym składnikiem OZE są elektrownie fotowoltaiczne[28] (PV). Wartość rynku fotowoltaicznego wzrasta w tempie 10% rocznie i już w 2020 r. ma osiągnąć poziom 100 mld euro[29]. Rozwój technologii PV jest również konsekwencją zobowiązań nałożonych przez Unię Europejską w Dyrektywie 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. i wynikających z niej krajowych zobowiązań o uzyskaniu 20% udziału OZE w produkcji energii elektrycznej[30].

[24] ibidem
[25] Narodowy Program Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na lata 2013-2020. Założenia i wytyczne. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa 2012; Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej; Warszawa, 22 stycznia 2013 r.
[26] Raport Projektu Foresight zamawianego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr WKP_1/1.4.5/2/2006/23/26/604
[27] Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030: aktualizacja wyników oraz krajowa strategia inteligentnej specjalizacji (smart specialization), Ministerstwo Gospodarki, 2012; Projekt Foremat: „Scenariusze rozwoju materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych” tom 1,2, Praca zbiorowa, IPPT PAN Warszawa (2006) www.foremat.org.
[28] Global Market Outlook For Photovoltaics 2013-2014, European Photovoltaic Industry Association, May 2013
[29] BMF, SPECTRARIS, VDMA, ZVEI (pub.), „Branchenreport Photonik 2013” Part2: Study Results Optech Consulting, Studie Photonik 2013
[30] Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, Minister Gospodarki, Warszawa 2010

Łączna moc elektrowni PV zainstalowanych w Polsce wynosi ok. 7 MW, przy czym tylko 1,6 MW jest przyłączona do krajowej sieci energetycznej[31]. Moc elektrowni PV zainstalowanych w innych krajach Unii Europejskiej sięgała poziomu 137 GW w 2013 r.

Krajowy rynek fotowoltaiczny jest obecnie niewielki. Tworzy go grupa przedsiębiorstw działających w obszarze projektowania i instalacji systemów PV oraz grupa firm zajmujących się instalacją kolektorów i małych systemów OZE. W 2012 r. działało w Polsce kilkanaście firm, w większości niewielkich, produkujących moduły PV. Niewielka skala produkcji zmusza do korzystania z importowanych komponentów i ogranicza działalność innowacyjną. Pomimo braku dużego producenta, istnieje w kraju kilkanaście zespołów naukowych prowadzących badania w obszarach związanych z technologią ogniw cienkowarstwowych i organicznych. Dalszy rozwój badań w tym zakresie może doprowadzić do wzmocnienia rodzimego przemysłu i stworzenia możliwości produkcji kompletnych modułów PV. Wymaga to opracowania nowych materiałów i technologii służących wytwarzaniu ulepszonych ogniw PV (np. nowe materiały na transparentne elektrody, elastyczne podłoża, itd.) oraz stworzenia możliwości produkcji w procesie ciągłym.

Obszarem o dużym znaczeniu gospodarczym, w którym istnieje w Polsce duży potencjał badawczy i nowoczesne zaplecze technologiczne, jest obszar technologii szkieł i włókien światłowodowych. Światowy rynek tych produktów ma wartość ok. 45 mld USD rocznie[32], w tym rynek światłowodów telekomunikacyjnych szacowany na ok. 4,8 mld USD w 2017 r.[33] Ten segment rynku jest zdominowany przez kilka podmiotów globalnych (Corning, OSF, Draka, Prysmian). Pozostałe segmenty rynku światłowodowego są otwarte dla podmiotów krajowych. Dotyczy to szczególnie światłowodów specjalizowanych i ich komponentów dla optycznych systemów dostępowych. Przewidywana wartość tego segmentu rynku wyniesie 2,9 mld USD w 2017 r. Dotyczy to również rynku czujników światłowodowych, o potencjale szacowanym przez BCC Research na ponad 2,5 mld USD w perspektywie najbliższych 3 lat i prognozowanej średnio-rocznej stopie zwrotu (CAGR – Compound Annual Growth Rate) na poziomie 10%[34]. Jeszcze większą wartość ma rynek laserów światłowodowych, o wartości około 20 mld USD w 2017 r.[35] i prognozowej dynamice wzrostu przekraczającej 20%. Podobną dynamikę wykazuje rynek wzmacniaczy optycznych i szerokopasmowych źródeł promieniowania laserowego (ASE i supercontinuum)[36].

Polskiej szansy na rynku światłowodowym należy upatrywać w rozwoju technologii dedykowanych aplikacjom niszowym, szczególnie w zakresie projektowania i wytwarzania aktywnych i pasywnych światłowodów włóknowych do zastosowań specjalnych, czujników światłowodowych dla systemów bezpieczeństwa i monitoringu (w tym monitoring skażeń), systemów oświetleniowych, systemów diagnostyki i terapii medycznej (w tym e-health) oraz laserów i wzmacniaczy promieniowania optycznego, ze szczególnym uwzględnieniem

[31] Mapa odnawialnych źródeł energii - Urząd Regulacji Energetyki. www.ure.gov.pl/uremapoze/mapa.html
[32] GUS-Nanotechnologia w Polsce w 2012. Warszawa, grudzień 2013 r.
[33] C. David Chaffee „The Coming Market for Optical Fiber and Cable”, http://www.photonics.com/
[34] Fiber Optic Sensors: Global Markets, http://www.bccresearch.com/
[35] Global Fiber Laser Market 2014-2018, http://finance.yahoo.com/news/global-fiber-laser-market-2014-170200853.html, Reportlinker.com; http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/laser-technology-market-795.html
[36] Optical Amplifiers: Market Shares, Strategies and Forecast, Worldwide, 2013 to 2019, ReportsnReports.com; http://optics.org/news/4/2/7

urządzeń do celów obronnych, do obróbki materiałów, medycznych oraz laserów na nietypowe zakresy spektralne – UV-VIS oraz MIR.

Otoczenie rynkowe kraju w obszarze technologii światłowodowych charakteryzuje się szczególnie dużym potencjałem wzrostu. Tworzą je zarówno duże podmioty gospodarcze, jak również kilkadziesiąt małych i średnich przedsiębiorstw.

W obszarze badań związanym z fotoniką proponuje się również zintensyfikowanie prac nad materiałami służącymi do produkcji detektorów i laserów w paśmie podczerwieni rozciągającym się od 1,5 µm do 25 µm oraz detektorów promieniowania X i gamma. W Polsce istnieje już w tej dziedzinie istotny potencjał badawczy i produkcyjny, wyraźnie rozpoznawalny na świecie. Rozbudowa tego potencjału powinna przynieść znaczne korzyści gospodarcze. Przykładem jest rozwój technologii materiałów półprzewodnikowych tworzących supersieci II rodzaju z InAs/GaInSb. Wytworzone z tego materiału detektory pozwalają na detekcję promieniowania w zakresie od około 3 µm do ponad 25 µm, jednocześnie spełniając wymogi UE dotyczące eliminacji kadmu i rtęci z technologii półprzewodnikowych. W przypadku materiałów dla półprzewodnikowych detektorów promieniowania X i gamma nowym rozwiązaniem jest zastąpienie półprzewodników CdTe i $Cd_{1-x}Zn_xTe$ przez kryształy (Cd,Mn)Te o lepszych właściwościach użytkowych. Rozwój technologii materiałów dla potrzeb detekcji promieniowania ma również uzasadnienie ekonomiczne. Przewiduje się, że wartość rynku detektorów podczerwieni podwoi się w okresie od 2013 r. do 2020 r. i ukształtuje na poziomie około 75 mln USD.

Wysoki poziom reprezentują badania nad laserami półprzewodnikowymi. Wyniki badań naukowych i prac rozwojowych nad laserami kaskadowymi prowadzone w kraju osiągnęły poziom światowy. Struktury ze związków GaAs/AlGaAs na podłożu z GaAs i InGaAs/AlInAs na podłożu z InP pozwalają na stymulowaną emisję promieniowania w zakresie od 3.4 µm aż do ultra dalekiej podczerwieni (ok. 200 µm). Podjęcie tej tematyki badawczej w ramach Programu strategicznego pozwoli na aktywniejsze włączenie się w projekty europejskie z dziedziny fotoniki („Horyzont 2020”). Proponowane badania i prace aplikacyjne mają charakter wybitnie nowatorski i dotyczą elementów trudno dostępnych, a ważnych dla wielu działów gospodarki, w tym przemysłu, medycyny, ochrony środowiska i techniki wojskowej. Biorąc pod uwagę nieznaczny dystans, jaki w tej dziedzinie dzieli Polskę od przodujących laboratoriów na świecie, istnieje szansa na włączenie się w rozwój tej gałęzi nowoczesnej techniki na konkurencyjnych zasadach.

Inną polską specjalność mogą stanowić technologie materiałów półprzewodnikowych z szeroką przerwą energetyczną. Do tej grupy należą technologie oparte na węgliku krzemu i materiałach diamentopodobnych, stosowane w opto- i energo- elektronice. Tranzystory na bazie węglika krzemu (SiC) umożliwiają budowę wysokiej jakości falowników oraz przekształtników energoelektronicznych średniej i dużej mocy, charakteryzujących się ultra wysoką sprawnością. Technologia ta umożliwia znaczące podniesienie jakości całej sieci energetycznej, pomaga w zachowaniu bezpieczeństwa energetycznego oraz wychodzi na przeciw strategii Unii Europejskiej przewidującej redukcję gazów cieplarnianych do 2050 r.

o 80 – 95%[37]. Wartość produkcji przyrządów dyskretnych SiC w 2020 r. ma sięgnąć 350 mln USD, przy czym obszar oddziaływania tej technologii na gospodarkę jest bardzo szeroki i dotyczy transportu samochodowego i szynowego, przemysłu maszynowego, urządzeń zasilających oraz techniki wojskowej (wielofunkcyjne radary szeroko- i wielopasmowe, nowoczesne systemy i technologie rozpoznania elektromagnetycznego, nadajniki zakłóceń itp.). Węglik krzemu może też być wykorzystany do wytwarzania elementów optycznych i przyrządów optoelektronicznych. W tym obszarze badawczym Polska posiada znakomite zaplecze badawcze, dobrze wyposażone laboratoria i wysoko wykwalifikowaną kadrę[38]. Otoczenie przemysłowe zainteresowane technologiami materiałów diamentopodobnych oraz SiC jest silne i składa się dużych firm z obszaru technologii wojskowych, przemysłu elektronicznego, maszynowego, elektrycznego, transportowego i energoelektroniki. Uruchomienie skoordynowanego finansowania w tym obszarze daje szanse wykreowania nowej gałęzi krajowego przemysłu półprzewodnikowego, charakteryzującego się wysokim stopniem konkurencyjności i innowacyjności. Podobnie wyglądają perspektywy rozwoju drugiej grupy materiałów półprzewodnikowych z szeroką przerwą energetyczną, opartych na azotkach. Półprzewodniki III-N, takie jak GaN, GaInN i AlGaN awansowały w ostatnich latach do drugiego po krzemie segmentu rynku półprzewodników – przewidywana wartość tego segmentu wynosi 15,5 mld USD w 2022 r. Kombinacja istniejącego w Polsce w tym obszarze dużego potencjału badawczego i produkcyjnego stwarza duże możliwości wdrażania innowacyjnych produktów optoelektroniki i elektroniki azotkowej. Przykładem może być rozwój technologii podłoży GaN o najwyższej jakości, technologii struktur kwantowych emiterów i detektorów światła w zakresie promieniowania zielonego, niebieskiego i UV oraz emisji i detekcji promieniowania terahercowego, jak również technologii azotkowych dla energooszczędnej elektroniki wysokich mocy i wysokich częstości (tranzystory mikrofalowe na pasma do X włącznie).

Kolejnym obszarem nauki i gospodarki o dużym potencjale rozwojowym są technologie materiałów charakteryzujących się submikrometrowymi rozmiarami cząstek materiału bądź też występujących w nim domieszek. Materiały te, nazywane nanomateriałami, istotnie różnią się od materiałów w których rozmiary tych cząstek są mikrometrowe. Odpowiednio zaprojektowane nanomateriały wykazują znacznie lepsze właściwości eksploatacyjne, takie jak: zwiększona trwałość i odporność na czynniki powodujące degradację, niższe koszty produkcji (energooszczędność) i biodegradowalność.

Technologie nowych materiałów niskowymiarowych (silicen, 2D) oraz tworzone z udziałem tych materiałów struktury kompozytowe i plazmoniczne znajdują zastosowanie w elektronice, fotonice i inżynierii materiałowej. Znaczenie tych technologii zostało podkreślone w Europejskiej strategii inteligentnego i globalnego rozwoju – „Europe 2020”.

Materiały dwuwymiarowe (2D) mają znaczny potencjał komercyjny (np. elektronika, optoelektronika, nanokompozyty, magazynowanie energii). Przemysł związany z materiałami 2D osiągnął 18% wzrostu w 2013 r. Szacuje się, że w 2019 r. współczynnik wzrostu

[37] Commission’s Work programmes for 2010 and 2011 – COM(2010)135 I COM(2010)623
[38] Proponowane Kierunki Rozwoju Nauki i Technologii w Polsce do 2020 roku, Ministerstwa Nauki i Informatyzacji, Warszawa, listopad 2004 r.

przekroczy 35%. W 2020 r. rynek aplikacji ma przekroczyć wartość 670 mln USD. Znaczenie tego obszaru jest również potwierdzone ogromnym zainteresowaniem ośrodków badawczych – liczba publikacji z 2013 roku przekracza 100 000. Początkowe stadium rozwoju nanotechnologii w elektronice na świecie stwarza dla krajowego potencjału badawczego i przemysłowego szanse dołączenia do grona wiodących ośrodków, które współtworzą technologie nowatorskie i innowacyjne.

3.3. Technologie materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach

Polska gospodarka posiada duży i stale wzrastający potencjał przemysłowy w obszarach bezpośrednio związanych z technologiami materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach. W dziedzinie produkcji chemikaliów i wyrobów chemicznych obserwuje się znaczący wzrost wartości produkcji z 44 002 mln zł w 2010 roku do 57 866 mln zł w 2012 r. [39] Wartość produkcji wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych wzrosła z 52 200 mln zł w 2010 r. do 64 087 mln zł w 2012 r. W obszarze produkcji metali w latach 2005-2012 nastąpił znaczący wzrost wartości produkcji sprzedanej z 35 629 mln zł w 2010 r. do 45 195 mln zł w 2012 r. W obszarze produkcji wyrobów z metali można również zauważyć wzrost wartości sprzedanej produkcji: z 61 081 mln zł w 2010 r. do 78 405 mln zł w 2012 r.

Obiecujące pod względem możliwości produkcji masowej oraz potencjału naukowego są materiały polimerowe, zarówno jako kompozyty (a w szczególności nanokompozyty), jak również materiały funkcjonalne oraz materiały o strukturze gradientowej. Ich właściwości mechaniczne, cieplne, elektryczne mogą być znacząco lepsze, od obecnie stosowanych, dzięki czemu wyroby z nich produkowane będą trwalsze i bardziej ekonomiczne w eksploatacji. Potencjalne obszary zastosowań (energetyka, produkcja maszyn i pojazdów) wskazują na istniejący duży rynek zbytu. Innym obszarem zastosowania kompozytów i nanokompozytów polimerowych są układy filtracyjne i membranowe, umożliwiające prowadzenie procesów filtrowania, separacji molekularnej i biokatalizy. Prognoza rozwoju rynku wskazuje, że produkcja tych materiałów w 2016 r. osiągnie w Europie 120 tys. ton, co oznacza ponad 5-krotny wzrost w ciągu dekady. Tak silna tendencja wzrostowa jest spowodowana rosnącym zakresem zastosowania nanokompozytów, wynikającym z istotnej poprawy parametrów eksploatacyjnych, przy jednoczesnym niskim koszcie produkcji i ograniczonej energochłonności. Na potencjał polimerów, a w szczególności nanokompozytów, wskazuje także dokument Foresight technologiczny przemysłu – InSight2030 opracowany przez Ministerstwo Gospodarki.

Duże znaczenie gospodarcze mają nowoczesne materiały do zastosowań medycznych, stosowane w diagnostyce, technice operacyjnej i rehabilitacji. Rosnące zapotrzebowanie na zaawansowane biomateriały i biokompozyty oraz nowe materiały na narzędzia chirurgiczne

[39] Rocznik statystyczny Rzeczpospolitej Polskiej, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013; http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/rocznik-statystyczny-rzeczypospolitej-polskiej-2013,2,8.html#

i sprzęt rehabilitacyjny tworzą szeroki rynek o dużym zróżnicowaniu produktowym i znaczącym potencjale finansowym.

Ważną grupą materiałów i nanomateriałów funkcjonalnych są materiały minimalizujące zużycie energii i wykorzystujące energię rozpraszaną. Można tu wymienić materiały termoelektryczne, ślizgowe, tłumiące i pochłaniające energię mechaniczną. Na poziomie europejskim tym problemom jest poświęcona część 10 programu „Horizon 2020: Secure, clean and efficient energy”, a na poziomie krajowym „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”, – dokument Ministerstwa Gospodarki z dnia 10.11.2009 r., w którym jednym z głównych działań na rzecz poprawy efektywności energetycznej jest wspieranie prac naukowo-badawczych w zakresie nowych rozwiązań i technologii, zmniejszających zużycie energii we wszystkich kierunkach jej przetwarzania oraz użytkowania.

Znaczącą grupą materiałów wytwarzanych z udziałem nanotechnologii są kompozyty ceramiczno-polimerowe. Właściwości tradycyjnych materiałów ceramicznych obejmują bardzo dużą sztywność, twardość, żarowytrzymałość i kruchość. O ile pierwsze trzy cechy stanowią zalety, to kruchość jest jednym z najważniejszych mankamentów materiałów ceramicznych. Odporność na kruche pękanie można znacząco poprawić wytwarzając kompozyty ceramika-polimer, w których cząstki ceramiczne są rozmieszczone w polimerowej osnowie lub w których ceramika i polimer tworzą dwa ciągłe, przenikające się szkielety.

Kolejną grupą materiałów funkcjonalnych wymagającą nowych technologii materiałowych, są materiały magnetyczne, a w tym: magnetyki twarde, stosowane tam gdzie wymagane jest silne stałe pole lub indukcja magnetyczna (silniki, generatory, siłowniki elektromagnetyczne oraz czujniki), magnetyki miękkie, znajdujące zastosowanie w maszynach elektrycznych do transformacji i generacji energii elektrycznej oraz zamiany energii elektrycznej w mechaniczną, magnetyki półtwarde, wykorzystywane głównie do przechowywania informacji, materiały magnetokaloryczne, które wykorzystuje się do ogrzewania i chłodzenia oraz ciecze magnetoreologiczne, które charakteryzuje silna zależność lepkości od wartości natężenia pola magnetycznego. Dzięki swoim unikatowym właściwościom ciecze magnetoreologiczne znalazły liczne zastosowania w urządzeniach mechanicznych służących do kontrolowanego przekazywania energii.

Dużym potencjałem gospodarczym charakteryzują się nanomateriały i nanotechnologie służące ochronie powierzchni poprzez poprawę ich właściwości tarciowo – zużyciowych. Do takich technologii należy zaliczyć hybrydowe technologie powłokowe, które wykorzystują zarówno nowatorskie metody osadzania warstw, takie jak PVD, CVD, natrysk termiczny i inne w możliwym powiązaniu z klasycznymi metodami obróbki termicznej powierzchni, takimi jak azotowanie lub nawęglanie powierzchni. Hybrydowa obróbka powierzchniowa stwarza szerokie możliwości kompozycji układów warstwowych i ich dopasowania do założonych warunków eksploatacyjnych.

Możliwości zastąpienia niektórych obecnie stosowanych metod ochrony powierzchni są związane z innowacyjnymi technologiami proponowanymi w dokumentach Foresight „FOREMAT” i wiążą się z unowocześnieniem przemysłu, do którego powinny wpłynąć najnowsze rozwiązania opracowane w programach zogniskowanych na tematyce inżynierii

powierzchni. Bionanomateriały 0D oraz 1D (m.in. biochemiczne, ceramiczne, metaliczne, polimerowe) mogą znaleźć zastosowanie diagnostyczne oraz terapeutyczne ze względu na ich właściwości magnetyczne, mechaniczne jak i chemiczne oraz wynikającą z nich różnorodność interakcji z żywym organizmem i medium stosowanym w konkretnym przypadku (pole magnetyczne, promieniowanie świetlne, substancje chemicznie aktywne). Bionanotechnologia jest dziedziną wykorzystującą biocząstki oraz narzędzia biotechnologiczne jako komponenty do budowy nanostruktur, co zapewnia wyjątkowe możliwości w projektowaniu nowych zaawansowanych materiałów funkcjonalnych i rozwoju nanotechnologii. Wykorzystanie samoorganizacji biocząstek jest atrakcyjną strategią konstrukcji materiałów ze względu na jej prostotę zastosowania oraz funkcjonalne właściwości. Zastosowanie takich biocząstek jak kwasy nukleinowe, peptydy, lipidy czy polisacharydy w procesie projektowania samoorganizujących się materiałów, opiera się na ich biomolekularnych właściwościach wykorzystywanych w organizmach żywych. Wykorzystanie ich pozwoli na otrzymanie złożonych układów nanokonstrukcyjnych, struktur włóknistych, opartych na oddziaływaniach elektrostatycznych co jest podstawą do zastosowań w terapii, diagnostyce, bioelektronice oraz życiu codziennym. Do ważnych zagadnień w zakresie bionanotechnologii należą: samoorganizujące się bionanocząsteczki, bioimitujące nanomateriały, interakcje komórkowe z nanostrukturalnymi materiałami, biosensory, modelowanie i nanoskalowanie bionanomateriałów, synteza i zastosowanie nowych modyfikowanych bionanomateriałów.

W ostatnich latach wiąże się duże nadzieje z szerszym zastosowaniem magnezu w przemyśle medycznym. Magnez jest nietoksyczny i wykazuje – w przeciwieństwie do innych biomateriałów metalowych – porównywalne do kości właściwości mechaniczne. Wszczepy o małej gęstości, biozgodności i właściwościach biodegradowalnych mogą wykazywać szereg różnego rodzaju zalet, m.in. nie narażanie sąsiednich struktur kostnych na koncentrację nadmiernych naprężeń oraz brak konieczności przeprowadzania zabiegów operacyjnych, których celem byłoby usunięcie wszczepu po osiągnięciu celów leczenia. Niezbędne jest poszukiwanie sposobów ograniczenia szybkości degradacji, aby była ona wolniejsza niż szybkość budowy, czy remodelingu kości np. przez pokrycie powierzchni biodegradowalnych stopów magnezu powłokami o właściwościach biozgodnych. Wiele ośrodków w Polsce prowadzi badania podstawowe w tym zakresie, natomiast brakuje badań pozwalających na przygotowanie do wdrożenia technologii kształtowania plastycznego oraz modyfikacji powierzchni. Obecnie do łączenia złamanych kości stosuje się specjalne śruby, metalowe płytki lub gwoździe wykonywane głównie ze stali nierdzewnej lub stopów tytanu. O skali problemu świadczy fakt, że tylko w 2012 r. przeprowadzono w Polsce niemal 17 tysięcy rekonstrukcyjnych operacji artroskopowych z użyciem różnego rodzaju implantów mocujących[40]. Wzrost światowej produkcji magnezu i jego stopów przekroczył w 2013 r. 10% i ma od kilku lat silną tendencje wzrostową. Dotychczasowe doświadczenie badawcze i technologiczne Polski w tym obszarze oraz rynkowe perspektywy aplikacyjne wskazują na

[40] Narodowy Fundusz Zdrowia, statystyka JGP - https://prog.nfz.gov.pl/APP-JGP/Grupa.aspx

konieczność dalszego rozwoju badań nad technologiami wytwarzania stopów metali lekkich.

Nowe możliwości w wytwarzaniu wyrobów o zróżnicowanych parametrach użytkowych i konstrukcyjnych oraz w optymalizowaniu konstrukcji wyrobów otwiera zastosowanie w produkcji nowych rodzajów blach łączonych laserowo, blach pocienianych lokalnie w wyniku walcowania czy podgrzewanych lokalnie przed odkształceniem. Łączenie kawałków blach o różnych grubościach i właściwościach mechanicznych pozwala wytworzyć zupełnie nowe materiały do produkcji wyrobów o obniżonej masie i zwiększonej wytrzymałości. Zmniejsza się w ten sposób ilość odpadów oraz energochłonność produkcji i koszty eksploatacji wyrobów. Obecnie dostawy półwyrobów z blach łączonych laserowo np. dla przemysłu motoryzacyjnego na świecie kształtują się na poziomie 150 mln sztuk rocznie. Dalszy rozwój kształtowania takich blach wiąże się z miejscowym podgrzewaniem matryc. Po procesie wytłaczania następuje chłodzenie wytłoczki i w zależności od prędkości chłodzenia otrzymuje się różne mikrostruktury w wytłoczce. Polska jest liczącym się w Europie dostawcą wytłoczek dla przemysłu motoryzacyjnego i utrzymanie wysokiej pozycji w tym zakresie wymaga zaawansowanego wsparcia i rozwoju tej nowoczesnej technologii. Kolejne nowe możliwości stwarza również rozwój kształtowania blach z powłokami organicznymi, blach kompozytowych wielowarstwowych i blach foliowanych.

3.4. Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich

Duże zainteresowanie materiałami o silnie rozdrobnionej i jednorodnej strukturze wiąże się z ich potencjalnie dobrymi właściwościami eksploatacyjnymi. Wyniki badań nad technikami wytwarzania nanomateriałów, a zwłaszcza wykorzystania w tym celu różnych sposobów uzyskania dużych odkształceń plastycznych metodą przeciskania przez kanał kątowy (metoda ECAP - equal channel angular pressing), czy metodą plastycznego kształtowania metali (metoda KOBO), wskazują na kształtowanie się polskiej specjalności w wytwarzaniu ultradrobnoziarnistych metali i ich stopów (UFG). Świadczy o tym m.in. wdrożenie pierwszego i jak dotąd jedynego na świecie wydajnego stanowiska technologicznego do przeciskania ECAP dla prętów o znacznym przekroju poprzecznym. Wdrożono przyrostowe przeciskanie przez kanał kątowy, znacząco ograniczające wielkość odpadów technologicznych oraz zbudowano też pierwsze na świecie urządzenie do przyrostowego przerobu płyt. Potrzebne są dalsze badania nad doprowadzeniem do bezodpadowej produkcji metali i stopów UFG. Na świecie zebrano już dostatecznie dużo danych doświadczalnych na temat właściwości i potencjału materiałów UFG. Osiągnięto punkt krytyczny, gdyż półwyroby wytwarzane dotychczas w różnych laboratoriach na świecie były zbyt małe objętościowo, aby zaspokoić możliwości oraz potrzeby ich aplikacji przemysłowych i zastosowań w różnych dziedzinach gospodarki. Polskie doświadczenia są dalej idące i wymagają mocnego wsparcia w celu utrzymania wysokiej pozycji na świecie

i doprowadzenia do wysokowydajnej produkcji metali UFG na potrzeby przemysłu i wzrostu jego konkurencyjności.

Przewiduje się, iż w najbliższych latach do najefektywniejszych metod wytwarzania elementów o bardzo wysokiej wytrzymałości i jakości, mających różnorodne zastosowanie rozwojowe, należeć będą technologie kuźnicze. W przemyśle motoryzacyjnym wymuszają to m.in. tendencje do zmniejszania pojemności silników spalinowych (downsizing), wzrostu produkcji SUV-ów z napędem na cztery koła i zmniejszania masy samochodów. Polska jest obecnie dużym dostawcą odkuwek dla krajowych i zagranicznych odbiorców, z czego 42% przeznaczonych jest dla branży motoryzacyjnej. Niestety, podczas gdy stosunkowo proste kucie swobodne stanowi ok. 10% produkcji europejskiej, to bardziej zaawansowane kucie matrycowe już tylko ok. 4%[41]. Wzrost kosztów energii i materiałów oraz znaczne przesunięcie produkcji odkuwek do krajów z niższymi kosztami robocizny wymusza konieczność wprowadzenia alternatywnych technologii kucia wyrobów o złożonych kształtach. Obniżenie kosztów produkcji i uzyskanie wyrobów o wysokiej jakości i wytrzymałości umożliwia zastosowanie kucia dokładnego w matrycach zamkniętych. Jest to technologia trudna, ale w porównaniu z typowym kuciem matrycowym, praktycznie bezodpadowa. Atrakcyjność tej bezodpadowej technologii będzie jeszcze większa po włączeniu materiałów pozwalających na ograniczenie lub eliminowanie udziału obróbki cieplnej odkuwek i wdrożenie kucia dokładnego na półgorąco.

Do najważniejszych wyzwań w nadchodzących latach będzie należało oszczędne i racjonalne gospodarowanie zasobami naturalnymi. Z drugiej strony równie wysokie wyzwania stawia ochrona naturalnego środowiska poprzez zmniejszenie ilości odpadów i energochłonności ich przetwarzania. Recykling odpadów metalowych i ich powtórny przetop wymaga zmiany podejścia w celu obniżenia kosztów i podniesienia jakości materiałów. Wielkość odpadów z produkcji (wióry, ażury, układy wlewowe, itd.) stanowi od 30% do 40%, a największą niezagospodarowaną ich część stanowią wióry, z których jedynie 54% przetwarza się ponownie w nowe produkty. Potrzebne są nowe efektywne metody zagospodarowania wiórów, np. poprzez bezpośrednie wytwarzanie z nich półwyrobów w postaci prętów metodami wykorzystującymi duże odkształcenia plastyczne i spajanie. Otrzyma się w ten sposób nowe materiały, które będą znacznie tańsze od stopów rodzimych i znajdą zastosowanie w produkcji szerokiej gamy wyrobów o mniejszych wymaganiach wytrzymałościowych i użytkowych.

Zgodnie z raportami PricewaterhouseCoopers (PwC) i Stowarzyszenia Producentów Cementu[42] produkcja cementu w Polsce do 2030 r. będzie utrzymywać się na poziomie 19-20 mln ton/rocznie, co mimo najnowocześniejszych instalacji odpowiada emisji CO_2 na poziomie 12 mln ton. Bardzo ostre wymagania UE (766 kg CO_2/tonę klinkieru) zmuszają do poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych w produkcji materiałów budowlanych. Jednocześnie Polska produkuje około 2,2 mln ton granulowanego żużlu piecowego, około 3-4 mln ton popiołów krzemionkowych oraz około 2,5 mln ton trudnych do

[41] European Forging Association – Euroforge, 2012
[42] PricewaterhouseCoopers Raport z 9.04.2014; Opracowanie Stowarzyszenia Producentów Cementu, 2014

zagospodarowania popiołów fluidalnych, nie wspominając o setkach mln ton zalegających na hałdach. Dodatkowo, w perspektywie do 2020 r. ma powstać około 0,5 mln ton popiołów i żużli ze spalania odpadów komunalnych i osadów ściekowych koniecznych do zagospodarowania. Stąd niezbędne jest opracowanie nowych rodzajów spoiw z wykorzystaniem popiołów i żużli, w tym popiołów fluidalnych i ze spalania odpadów komunalnych oraz opracowanie nowej generacji materiałów budowlanych (również lekkich) z tymi spoiwami. Niekonwencjonalne surowce w postaci odpadów przemysłowych mogą być także wykorzystane jako składniki masy ceramicznej, a także do opracowania wraz z włóknami bazaltowymi nowego typu powłok do pokrywania powierzchni licowych płytek. Produkcja płytek to najważniejsza gałąź całego przemysłu ceramicznego. Polska pod względem zdolności produkcyjnych płytek ceramicznych zajmuje trzecie miejsce w Europie po Włoszech i Hiszpanii z udziałem rynkowym na poziomie 5,6%. Wzrost konkurencyjności płytek ceramicznych produkowanych przez krajowych producentów wymaga wprowadzenia nowych innowacyjnych produktów, nieobecnych na rynku także w skali międzynarodowej. W tym kierunku zmierza opracowanie technologii wytwarzania nowego typu płytek ceramicznych o grubości od 3 mm do 4 mm ze znacznie obniżoną masą, charakteryzujących się lepszymi parametrami mechanicznymi lub funkcjonalnymi (np. zdolnością samooczyszczania). Technologie te będą wykorzystywać niekonwencjonalne surowce, jak m.in. nanomateriały, włókno bazaltowe, pyły ze spalarni śmieci, odpadowe pyły przemysłowe, wyselekcjonowane żużle metalurgiczne oraz stłuczki szklane. Wpłynie to na zmianę struktury i wielkości zużycia surowców naturalnych, obniżenie emisji CO_2 na 1 m^2 płytek oraz energii w transporcie i dystrybucji płytek.

Znaczenie technologii biopolimerowych dla dalszego rozwoju przemysłu dobrze ilustruje fakt, iż światowa produkcja tworzyw sztucznych osiąga dzisiaj ponad 200 mld ton/rok. Szkodliwość takiej skali produkcji tworzyw sztucznych dla środowiska naturalnego jest oczywista. W celu ograniczenia jej negatywnego oddziaływania w okresie ostatnich kilkunastu lat obserwuje się dynamiczny rozwój chemii i technologii biodegradowalnych polimerów z odtwarzalnych surowców roślinnych. Z pewnością można powiedzieć, że są to materiały polimerowe XXI wieku. Badania nad polimerami biodegradowalnymi prowadzone są w szeregu polskich ośrodków badawczych. Wyniki są jeszcze na etapie badawczym, poprzedzającym przygotowanie technologii, niemniej mamy już w kraju pierwsze osiągnięcia. Doskonałym przykładem jest tutaj celuloza mikrobiologiczna. Jej naturalne pochodzenie, czystość chemiczna i wysoka biokompatybilność sprawiają, że doskonale sprawdza się ona jako wilgotny opatrunek, czy materiał implantowalny. Istnieje możliwość modyfikacji dotychczas opracowanego materiału pod kątem zastosowania jako źródła do elektronanoprzędzy. Adresatami rezultatów tych badań mogą zostać również polskie firmy produkujące systemy do uzdatniania wody i oczyszczania powietrza.

Materiały biopochodne i biodegradowalne oraz produkty wykonywane z takich materiałów są obecne na światowym rynku, jednak w Polsce nie są jeszcze bardzo popularne. Globalny rynek biopolimerów stanowi obecnie ok. 1% rynku tworzyw polimerowych, a każdego roku notuje się wyraźny wzrost produkcji. Materiały te nadal są

droższe niż wiele tradycyjnych petrochemicznych tworzyw, sytuacja ta zmienia się jednak wraz z rozwojem nowych technologii i rozszerzeniem produkcji na masową skalę.

Podjęcie prac badawczych nad biopochodnymi polimerami i biokompozytami oraz opracowanie nowoczesnych technologii ich wytwarzania zwiększy konkurencyjność krajowych producentów na rynkach zagranicznych oraz pozwoli krajowym producentom na uniezależnienie się od zagranicznych dostawców. Materiały biodegradowalne, powstające z przeróbki cukrów roślinnych, wykorzystywane są do produkcji takich artykułów powszechnego użytku jak np. ubrania, bielizna, opakowania na żywność oraz wyposażenie biur i mieszkań, a także do produkcji opakowań, wkładów i folii do pieluszek jednorazowego użytku. Polimery biodegradowalne z udziałem komponentów naturalnych znajdują również zastosowanie w przemyśle elektronicznym w postaci opakowań do nośników audio i multimedialnych. Nowe opakowania są produktami przyjaznymi dla środowiska oraz nadają się do kompostowania.

3.5. Technologie materiałów dla magazynowania i przesyłu energii

W elektroenergetyce obowiązuje pięcioetapowy system gospodarki energią obejmujący: wydobycie surowców energetycznych oraz wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE), produkcję energii elektrycznej, jej przesył, rozdział i dostawę do konsumentów. W łańcuchu tego systemu coraz większą rolę odgrywa magazynowanie energii, które z jednej strony stabilizuje pracę systemu energetycznego w okresach szczytowego poboru mocy, a z drugiej stwarza szansę dla indywidualnych konsumentów, korzystających z rozproszonych systemów wykorzystujących OZE. W zależności od formy magazynowanej energii wyróżniamy następujące systemy magazynowania energii elektrycznej: mechaniczne, elektrochemiczne, chemiczne, elektryczne i cieplne. W przypadku przesyłu energii elektrycznej podstawową rolę odgrywają napowietrzne linie i stacje energetyczne oraz sieci trakcyjne transportu kolejowego.

Polska konsumuje rocznie blisko 150 TWh energii elektrycznej[43]. Zgodnie ze scenariuszami rozwoju krajowej elektroenergetyki przewiduje się podwojenie konsumpcji energii elektrycznej w perspektywie najbliższych trzydziestu lat[44]. Podstawowym źródłem pozyskiwania energii elektrycznej w Polsce jest spalanie węgla w energetyce konwencjonalnej. Dyrektywy Unii Europejskiej zobowiązują Polskę do zapewnienia 20% udziału OZE w globalnej produkcji energii elektrycznej kraju. Obecnie procent ten w ogólnym bilansie energii wynosi około 7-9% i systematyczne rośnie[45].

Analizując światowe technologie magazynowania energii koncentrujemy się na mocy znamionowej urządzeń, czasie wykorzystywania zgromadzonej energii i jej ilości oraz na stopniu zaawansowania technicznego. W zakresie małych mocy znamionowych najbardziej dojrzałe technicznie są metody magazynowania energii elektrycznej (MEE) oparte o systemy elektrochemiczne (baterie). W przypadku dużych mocy (rzędu MW i GW) praktyczne

[43] Raport GUS: Zużycie paliw i nośników energii w 2012r., Warszawa 2013
[44] Polityka energetyczna Polski do 2030r, Dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 roku.
[45] Raport Krajowy Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, Warszawa, 2013

znaczenie mają obecnie systemy mechaniczne (elektrownie szczytowo-pompowe). Aktualny stan badań wskazuje, że najbliższa przyszłość w zakresie MEE należeć będzie do metod elektrochemicznych, chemicznych oraz cieplnych. Magazynowanie energii elektrycznej może odbywać się w ramach systemu elektroenergetycznego, jak również poza nim. Dzisiejsze sieci elektroenergetyczne oparte są głównie na jednym kierunku przepływu energii od źródła wytwórczego do konsumenta. Przyszłe sieci muszą obsługiwać dwukierunkowy przepływ energii, uwzględniający rozproszone źródła energii bazujące między innymi na OZE, co wymaga prac badawczych nad nowymi materiałami dla przesyłu energii elektrycznej.

Magazynowanie energii pochodzącej z różnych źródeł, w tym z tzw. ciepła odpadowego, wymaga specjalnych materiałów i technologii, aby preferowane na najbliższe lata metody elektrochemiczne chemiczne i cieplne mogły być jak najefektywniej wykorzystane do magazynowania energii.

Raporty BCC Research wskazują, że globalny rynek zaawansowanych ogniw i akumulatorów elektrochemicznych wzrośnie z 16,7 mld USD w 2012 r. do ponad 21 mld USD w roku 2017, z roczną stopą wzrostu (CAGR) wynosząca 4.6%. Natomiast globalny rynek superkondensatorów, wynoszący 470 mln USD w 2010 r., rozwija się znacznie szybciej i osiągnie wartość 1,2 mld USD w 2015 r., z roczną stopą wzrostu (CAGR) 20,6%. Wynika to między innymi z zastosowania kondensatorów elektrochemicznych w coraz większej liczbie, w pojazdach hybrydowych i bardziej zaawansowanych samochodach elektrycznych. Na rynku istnieje potrzeba na zwiększenia zdolności magazynowania energii elektrycznej w ogniwach i kondensatorach elektrochemicznych oraz zmniejszenie ich masy jednostkowej. Oczekiwania dotyczące bezpieczeństwa i wydajności urządzeń elektrochemicznych prognozują konieczność podjęcia prac nad innowacyjnymi materiałami separującymi oraz technologią ich wytwarzania i modyfikowania. Pomimo, iż separator zakwalifikowany jest jako nieaktywny element urządzenia magazynującego energię, odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu właściwości użytkowych całego urządzenia. Jego struktura, skład chemiczny i właściwości transportowe mają bardzo istotny wpływ na wewnętrzną rezystancję układu, stabilność, cykliczność i bezpieczeństwo pracy. W 12. edycji raportu „Five - Year Development Plan for New Materials Industry” wydanego w 2012 r., zagadnienie wysokowydajnych materiałów membranowych zostało wymienione jako jedno z 10 projektów priorytetowych. Światowy rynek technologii membranowych prawdopodobnie wzrośnie do 16 mld USD do 2017 r.

Krajowy potencjał gospodarczy w dziedzinie produkcji elektrochemicznych magazynów energii, to głównie przedsiębiorstwa wytwarzające akumulatory rozruchowe, akumulatory do zasilaczy awaryjnych, baterie i akumulatory niklowo-kadmowe (Ni-Cd) i niklowo-wodorkowe (Ni-MH) do różnorodnych zastosowań. W Polsce są firmy, które mogą się podjąć wytwarzania opracowanych w ramach projektu materiałów i elementów separujących.

Prowadzenie badań w zakresie otrzymywania nowych materiałów zapewniających wysokosprawną konwersję energii z reakcji chemicznych na energię elektryczną oraz systemów wytwarzania i magazynowania wodoru, daje możliwość przyszłej komercjalizacji. Ze względu na specyfikę obszaru badawczego prace badawczo - rozwojowe będą miały

charakter silnie interdyscyplinarny. Urządzenia do konwersji energii powstałej podczas reakcji chemicznych na energię elektryczną to najczęściej struktury wielowarstwowe, w których poszczególne warstwy spełniają określone funkcje.

Urządzenia takie zawierają warstwy, które zapewniają odpowiednią wytrzymałość mechaniczną, a także odporność urządzenia na wysokie temperatury (rzędu 600˚C - 800˚C). Muszą one zapewnić odpowiedni transport paliwa do miejsca reakcji i usuwanie produktów reakcji, takich jak woda. Ponadto powinny odznaczać się wysokim przewodnictwem elektronowym, wysoką aktywnością katalityczną w reakcji utleniania wodoru oraz stabilnością w warunkach redukujących. Warunki te spełniają cermetalowe kompozytowe materiały porowate. Najczęściej stosowana jest kompozycja niklu oraz tlenku cyrkonu stabilizowanego itrem Ni/YSZ zawierającego dodatki organiczne zwiększające porowatość po procesie spiekania.

Aby powstałe podczas reakcji chemicznej nośniki ładunku (elektrony i jony) mogły zostać odseparowane, muszą zostać zastosowane materiały zapewniające niskie przewodnictwo elektronowe przy jednoczesnym wysokim przewodnictwie jonowym. Materiały te muszą posiadać stosunkowo niską energię aktywacji, gazoszczelność, zapewnioną przez wysoki stopień zagęszczenia w procesie spiekania oraz stabilność chemiczną w warunkach redukujących. Znanymi materiałami spełniającymi takie wymagania są odpowiednio domieszkowane tlenki cyrkonu i ceru.

Warstwy, w których dochodzi do reakcji chemicznych, powinny charakteryzować się mieszanym elektronowo - jonowym przewodnictwem elektrycznym, katalitycznym działaniem na proces redukcji tlenu, porowatością oraz stabilnością w utleniającej atmosferze i w wysokiej temperaturze. Warunki te spełniają złożone, niestechiometryczne tlenki metali o strukturze krystalicznej perowskitu.

Osobnym zagadnieniem jest pozyskiwanie i magazynowanie paliwa (wodoru). Najczęściej jako źródło wodoru stosuje się substancje wysokowodorowe (metanol, gaz ziemny, benzynę, propan), z których można pozyskiwać wodór na drodze odpowiednich reakcji chemicznych, wykorzystując do tego alternatywne źródła energii, takie jak energia słoneczna, energia wiatru. Badania nad pozyskiwaniem wodoru mają na celu uniezależnienie się społeczeństwa częściowo lub całkowicie od paliw kopalnych, a także ograniczenie emisji CO_2 i innych gazów toksycznych powstałych podczas spalania konwencjonalnych paliw.

Potencjalne zastosowania elektrochemicznych konwerterów energii, które stanowią wydajne i ekologiczne źródło energii elektrycznej, wydają się bardzo szerokie pod warunkiem, że będą posiadały wysoką sprawność (70%-80%), moc powyżej 2kW, szybki czas rozruchu oraz praktycznie bezobsługowe działanie (poza uzupełnianiem paliwa).

Główne zastosowanie elektrochemicznych konwerterów energii przewiduje się w systemach pozyskujących energię ze źródeł odnawialnych, takich jak energia słoneczna, czy energia wiatrowa. Zapewni to dostawę energii elektrycznej w szczytowych momentach poboru energii, w przypadku zaniku napięcia w sieci lub w okresach czasowych, w których pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych jest niemożliwe.

Intensywne prace badawcze prowadzone przez kraje wysokorozwinięte takie jak USA, Kanada, Japonia, Niemcy oraz UE (projekty „Road Map”, „Freedom Car”, „Future Gen”, „Europejska Platforma Wodoru i Ogniw Paliwowych”) świadczą o dużym gospodarczym znaczeniu tej tematyki. W Polsce istnieją silne jednostki badawcze zajmujące się zaawansowanymi materiałami ceramicznymi do zastosowań w elektrochemicznych konwerterach energii oraz do wytwarzania i magazynowania energii. Na rynku krajowym funkcjonują przedsiębiorstwa z tej branży. Wiele rozwiązań materiałowych jak i technologicznych powstałych w wyniku dotychczasowych prac badawczo – rozwojowych zostało opatentowanych.

Magazynowanie energii pochodzącej z różnych źródeł energii, w tym z tzw. ciepła odpadowego, stwarza także dużą szanse dla materiałów zmiennofazowych (Phase-change Materials - PCM). W Polsce prowadzone są prace nad magazynowaniem energii cieplnej, wykorzystującej materiały zmiennofazowe (np. magazynowanie ciepła odpadowego w przemyśle i rolnictwie, budownictwo pasywne). Ważnym i współcześnie intensywnie rozwijanym zagadnieniem, obok magazynowania ciepła, jest magazynowanie zimna (chłodnictwo, klimatyzacja).

Większość wyprodukowanej w świecie energii elektrycznej przesyłana jest do konsumenta napowietrznymi liniami przesyłowymi wysokiego i średniego napięcia. W Polsce do przesyłu wytworzonej energii elektrycznej wykorzystywany jest krajowy system elektroenergetyczny, na który składa się około 13 tys. km linii przesyłowych oraz kilkaset tysięcy kilometrów linii dystrybucyjnych wysokiego, średniego i niskiego napięcia, przy czym dominuje w tych liniach transmisja energii drogą napowietrzną. Polska infrastruktura elektroenergetyczna jest wystarczająca dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego w warunkach aktualnych, lecz wobec naturalnych procesów eksploatacyjnych oraz wzrostu zapotrzebowania w perspektywie czasu wymaga systematycznej i znacznej rozbudowy.

Obecny stan wyeksploatowania systemu przesyłowego i dystrybucyjnego ocenia się na ok. 70-80%. Przekłada się to na częstsze niż średnia w UE awarie związane z ciągłością zasilania w energię elektryczną. Ponadto efektywność krajowego sytemu elektroenergetycznego jest niezadowalająca. W skali kraju straty przesyłu energii wynoszą ok. 7,3%, przy czym dominująca część tych strat (blisko 85%) powstaje w systemie dystrybucyjnym (koszt rzędu 2,1 mld zł/rok)[46]. Według raportu Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej IEC, za 50%-70% strat całkowitych odpowiadają przewody elektroenergetyczne, które w szczególności powinny podlegać ewolucji w kierunku wykorzystania rozwiązań energooszczędnych, rekomendowanych przez Pakiet Klimatyczno-Energetyczny UE 3x20. Kluczowym zagadnieniem jest również opracowanie właściwych rozwiązań izolacji zapewniającej wystarczające bezpieczeństwo elektryczne, mechaniczne oraz właściwy poziom wyładowań niezupełnych.

W Polsce od wielu lat prowadzone są prace naukowe na rzecz polskiej energetyki. W wiodących krajowych ośrodkach badawczych prowadzone są prace nad syntezą i aplikacją nowych stopów na bazie aluminium i miedzi na cele przewodowe i kablowe oraz na osprzęt.

[46] Raport Biura Bezpieczeństwa Narodowego: Analiza nt. wielkości strat w przesyle energii elektrycznej w Polsce, 2012

Ważny aspekt prowadzonych prac badawczych dotyczy właściwego zrozumienia zjawisk kontrolujących rzeczywisty stan przewodów i kabli podczas ich eksploatacji, w warunkach oddziaływania całego szeregu czynników o charakterze środowiskowym. Ważnym obszarem zastosowań przewodów elektrycznych jest ich wykorzystanie w kolejowych sieciach trakcyjnych, ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej obciążalności prądowej oraz ograniczania strat przesyłu energii elektrycznej.

Przedstawiona analiza wskazuje na potrzebę pilnego uruchomienia prac nad opracowaniem oraz wdrożeniem nowych materiałów i technologii zapewniających bezpieczny, bezawaryjny i efektywny przesył energii elektrycznej. Opracowywane rozwiązania muszą być, co najmniej, na miarę kilku dekad (do 50 lat) z uwagi na długi okres eksploatacji infrastruktury i wzrost konsumpcji energii elektrycznej.

4. Zakres tematyczny Programu

Badania prowadzone w strategicznym programie "Nowoczesne technologie materiałowe" będą skoncentrowane w pięciu strategicznych obszarach problemowych, określonych w rozdz. 2. Dla każdego z tych obszarów zdefiniowano szereg zagadnień badawczych, wynikających z diagnozy sytuacji nakreślonej w rozdz.3. Zdefiniowana tu lista zagadnień jest katalogiem problemów badawczych podejmowanych w ramach Programu.

Mając na uwadze sprostanie wielkim wyzwaniom społecznym Program umożliwi realizację badań multidyscyplinarnych i transdysyplinarnych.

4.1. Technologie materiałów konstrukcyjnych

1. Technologie wytwarzania wysokowytrzymałych materiałów z lekkich i superlekkich stopów aluminium, stopów magnezu oraz stopów tytanu.
2. Technologie wytwarzania elementów konstrukcyjnych o działaniu antybakteryjnym z miedzi i stopów miedzi (systemy Cu+).
3. Technologie wytwarzania długich wyrobów konstrukcyjnych warstwowo-kompozytowych na bazie metalurgii proszków.
4. Zaawansowane technologie wytwarzania stali wielofazowej i wyrobów ze stali o podwyższonych właściwościach eksploatacyjnych.
5. Technologie wytwarzania ultrawytrzymałych kompozytów konstrukcyjnych.
6. Technologie łączenia ultrawytrzymałych materiałów na bazie żelaza.
7. Technologie wytwarzania nanocząstek, nanowłókien oraz nanokompozytów polimerowych oraz technologii przetwórstwa materiałów polimerowych, w tym nadawania im pożądanych właściwości, np. silnie hydrofilnych lub hydrofobowych.

8. Technologie wytwarzania wysokowartościowych betonów nowej generacji, nawierzchni betonowych i bitumicznych, materiałów samoleczących i samoczyszczących oraz nowych materiałów do budowy urządzeń bezpieczeństwa ruchu.
9. Energooszczędne wysokotemperaturowe technologie konsolidacji nano- i mikroproszków.
10. Technologie wytwarzania tlenoazotkowych materiałów ogniotrwałych do kontaktu z ciekłymi metalami.
11. Technologie wytwarzania ceramicznych materiałów termoizolacyjnych o podwyższonych właściwościach mechanicznych.

4.2. Technologie materiałów fotonicznych i nanoelektronicznych

1. Technologie wytwarzania materiałów i struktur dla ogniw fotowoltaicznych: cienkowarstwowych i organicznych.
2. Technologie wytwarzania włókien oraz wytwarzania i przetwarzania elementów światłowodów aktywnych:
   a) nanostrukturyzowanych włókien: anizotropowych o definiowanych właściwościach polaryzacyjnych, silnie nieliniowych, o kształtowanej dyspersji i rozkładzie pola modowego;
   b) polimerowych.
3. Technologie i materiały do detekcji promieniowania podczerwonego, w paśmie od 1,5 µm do 25 µm z udziałem supersieci II rodzaju umożliwiające wytwarzanie matryc metodą seryjną.
4. Technologie wytwarzania materiałów i struktur do detekcji promieniowania X i gamma, z wykorzystaniem nisko defektowych jednorodnych kryształów (Cd,Mn)Te, o wysokiej odporność na generację defektów w wyniku napromieniowania.
5. Technologie wytwarzania materiałów i struktur do generacji promieniowania podczerwonego:
   a) w pasmie od 1,5 µm do 25 µm z udziałem supersieciowych struktur kaskadowych umożliwiające wytwarzanie laserów kaskadowych podczerwieni metodą seryjną;
   b) w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni wykorzystujące niekonwencjonalne materiały i struktury (np. materiały antymonkowe).
6. Technologie wytwarzanie kryształów objętościowych węglika krzemu o gęstości mikrokanalików poniżej 1 cm^{-2}.
7. Technologie wytwarzania warstw diamentowych i diamentopodobnych do zaawansowanych zastosowań fotonicznych, energoelektronicznych, mikrosystemowych, oraz czujnikowych.

8. Technologie wytwarzania warstw epitaksjalnych na podłożach SiC oraz struktur półprzewodnikowych na bazie SiC i diamentu do wysokonapięciowych przyrządów mocy, tranzystorów polowych pracujących w temperaturze pokojowej w paśmie kilkudziesięciu GHz, czujników i dozymetrów stosowanych w radioterapii oraz czujników i detektorów promieniowania.
9. Technologie wytwarzania podłożowych kryształów z azotku galu o wymiarach co najmniej 4” i ultraniskim poziomie defektów dla mikroelektroniki i optoelektroniki.
10. Technologie wytwarzania struktur azotkowych dla emisji i detekcji promieniowania oraz do tranzystorów HEMT i diod (Schottkiego i PIN) przeznaczonych dla energooszczędnej elektroniki wysokich mocy i wysokich częstości.
11. Technologie wytwarzania izolatorów topologicznych, metamateriałów i materiałów plazmonicznych, materiałów o programowalnych właściwościach termicznych i elektrycznych oraz nowych materiałów niskowymiarowych 2D w tym krzemu, siarczku molibdenu i węglika krzemu.
12. Technologie wytwarzania półprzewodników tlenkowych dla przezroczystej elektroniki oraz technik sensorowych.
13. Technologie mikro- i nanolitograficzne wspierające wytwarzanie nanomateriałów i nanoprzyrządów oraz ich integracji z platformą fotoniki i nanoelektroniki.
14. Technologie integracji mikrosystemów z udziałem materiałów półprzewodnikowych z szeroką przerwą energetyczną, materiałów ceramicznych, materiałów piezoelektrycznych oraz materiałów niskowymiarowych.

4.3. Technologie materiałów funkcjonalnych i materiałów o projektowanych właściwościach

1. Technologie wytwarzania kompozytów i nanokompozytów polimerowych oraz materiałów ceramiczno-polimerowych o szerokim zakresie zastosowań i poprawionych właściwościach mechanicznych, cieplnych, elektrycznych oraz zwiększonej odporności na działanie warunków atmosferycznych.
2. Technologie wytwarzania materiałów i nanomateriałów funkcjonalnych, minimalizujących lub wykorzystujących energię rozpraszaną, szczególnie: termoeletrycznych, ślizgowych, tłumiących i pochłaniających energię mechaniczną.
3. Nowe technologie wytwarzania i nanoszenia powłok o ulepszonych właściwościach tarciowo-zużyciowych, elektrycznych/dielektrycznych i cieplnych.
4. Technologie wytwarzania materiałów (w tym nanomateriałów) magnetycznych do zastosowań przemysłowych, cyfrowych i medycznych.
5. Technologie wytwarzania, modyfikowania i funkcjonalizowania materiałów kompozytowych przeznaczonych do tworzenia wyrobów dla wysokosprawnej separacji i oczyszczania gazów lub cieczy.

6. Technologie wytwarzania kompozytowych piezoelektrycznych materiałów oraz nanomateriałów funkcjonalnych z reakcją w polu naprężeń do zastosowań w konstrukcjach czujników i aktuatorów.
7. Technologie wytwarzania bionanomateriałów do zastosowań w biotechnologii, diagnostyce i terapii oraz bioelektronice.
8. Technologie wytwarzania metalowych (w tym nanokrystalicznych), ceramicznych i polimerowych biomateriałów i biokompozytów na potrzeby protetyki, medycyny regeneracyjnej, inżynierii tkankowej oraz na narzędzia chirurgiczne o zmodyfikowanych warstwach wierzchnich i elementy sprzętu rehabilitacyjnego.
9. Technologie wytwarzania materiałów na bazie metali o zwiększonej efektywności energetycznej do budowy urządzeń i aparatów elektrycznych.

4.4. Bezodpadowe technologie materiałowe i technologie biodegradowalnych materiałów inżynierskich

1. Wysokowydajne i niskoodpadowe technologie wytwarzania materiałów metalicznych o rozdrobnionej strukturze ultra- i nanowymiarowej do aplikacji przemysłowych.
2. Bezodpadowe technologie obróbki plastycznej ograniczające energo- i materiałochłonność procesów wytwarzania.
3. Niskoodpadowe technologie kształtowania nowych rodzajów blach łączonych z różnych materiałów o projektowanych i zróżnicowanych właściwościach.
4. Niskoodpadowe technologie przetwórstwa stopów magnezu, tytanu i niklu.
5. Technologie wytwarzania materiałów z odpadów produkcyjnych w przemyśle elektromaszynowym, a zwłaszcza z wiórów aluminiowych.
6. Technologie wytwarzania materiałów dla budownictwa o podwyższonych parametrach użytkowych z wykorzystaniem surowców odpadowych.
7. Synteza bioaktywnych pochodnych polimerów biodegradowalnych.
8. Technologie wytwarzania biodegradowalnych materiałów polimerowych.
9. Technologie syntezy gradientowych, biodegradowalnych materiałów funkcjonalnych.
10. Technologie wytwarzania nowych materiałów ceramicznych i kompozytowych do zastosowań w inżynierii tkankowej, narządowej i protetycznej.
11. Technologie drukowania 3D termoplastycznych materiałów biodegradowalnych, w tym nanokompozytów.

4.5. Technologie materiałów dla magazynowania i przesyłu energii

1. Technologie wytwarzania separatorów polimerowych o wysoce selektywnych właściwościach ukierunkowanych na aktywną współpracę z przewodnikami jonowymi i układami elektrod, specjalistycznie dobranych do najważniejszych typów

elektrochemicznych źródeł i magazynów energii elektrycznej (ogniw i akumulatorów litowo - jonowych i niklowych oraz superkondensatorów).

2. Technologie wytwarzania materiałów dla energetyki wodorowej – materiały elektrolityczne i elektrodowe zwiększające wydajność elektrolizerów wysokotemperaturowych.
3. Technologie wytwarzania materiałów zmiennofazowych (PCM) do magazynowania energii i ciepła odpadowego.
4. Technologie wytwarzania, przetwarzania i recyklingu materiałów na przewody i rdzenie nośno-przewodzące.
5. Technologie wytwarzania nowych materiałów na osprzęt nośny, przewodzący i nośno - przewodzący dla przewodów elektroenergetycznych.
6. Technologie wytwarzania nowej generacji kabli i przewodów elektrycznych oraz materiałów na przewody jezdne, liny nośne i osprzęt sieciowy a także wytwarzania materiałów do nakładek stykowych (węglowych oraz węglowo-metalicznych) odbieraków prądu, przeznaczonych do eksploatacji w sieciach trakcyjnych zasilanych prądem stałym oraz przemiennym.
7. Technologie wytwarzania materiałów kompozytowych (w tym nanokompozyty) o właściwościach elektroizolacyjnych, których zastosowanie zmniejszy awaryjność dystrybucyjnych i przesyłowych linii elektroenergetycznych.

5. Określenie celu głównego i celów szczegółowych realizacji Programu

Cel główny określa intencje programu i jego długofalowy wpływ na rozwój społeczno-gospodarczy kraju. Cele szczegółowe wyznaczają strategię osiągnięcia celu głównego przez określenie efektów, które powinny zaistnieć u bezpośrednich beneficjentów i których wystąpienie ma zapewnić osiągnięcie celu głównego.

Celem głównym Programu strategicznego w obszarach "Nowoczesne technologie materiałowe" jest:

Rozwój wiedzy w obszarach Programu, prowadzący do transferu do otoczenia społeczno - gospodarczego innowacyjnych rozwiązań opracowanych w ramach Programu oraz wzrostu międzynarodowej pozycji Polski w badaniach naukowych i pracach rozwojowych w tej dziedzinie.

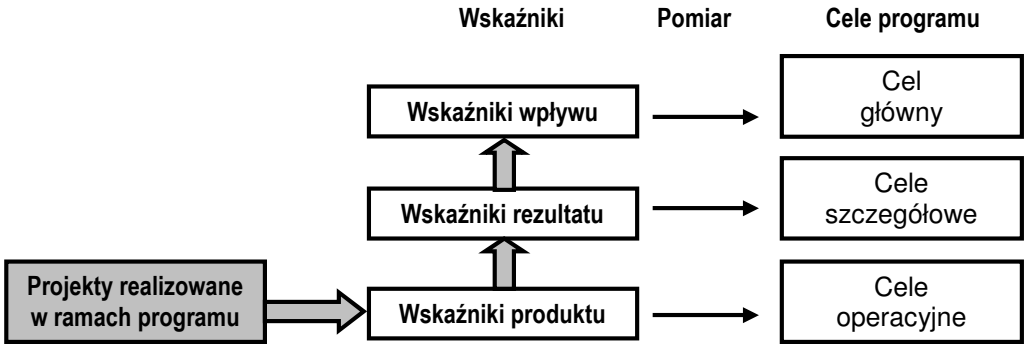
Cele szczegółowe Programu są zdefiniowane następująco:

1. Aktywizacja współpracy jednostek badawczych z przedsiębiorstwami i innymi podmiotami życia gospodarczego.

2. Przygotowanie wdrożenia innowacyjnych rozwiązań opracowanych w ramach Programu.
3. Zwiększenie udziału polskich zespołów badawczych w europejskich programach w zakresie badań i innowacji w obszarach Programu.
4. Pobudzenie aktywności badawczej prywatnego sektora gospodarczego w obszarach Programu.

6. Ustalenie sposobu monitorowania i oceny realizacji celów Programu

Monitorowanie i ocenę stopnia osiągania celów Programu realizuje się przez pomiar wskaźników charakteryzujących ilościowo uzyskane wyniki Programu (rys. 6. 1).



Rysunek 6.1. Logika interwencji Programu strategicznego

Wskaźniki wpływu (impact indicators) mierzą efekty Programu w dłuższej perspektywie czasu i pokazują trwałe zmiany, jakie program spowodował w otoczeniu społecznym i gospodarczym. Tym samym, wskaźniki wpływu można uważać za miernik stopnia realizacji celu głównego Programu. W Programie TECHMATSTRATEG wskaźniki wpływu będą mierzone w trakcie ewaluacji ex-post wykonanej 5 lat po zakończeniu Programu na podstawie ankiet dostarczonych przez wykonawców. Wykonawca będzie zobowiązany do dostarczenia ankiety zapisami umowy o dofinansowanie projektu.

Wskaźniki rezultatu (result indicators) mierzą bezpośrednie efekty występujące u beneficjentów Programu po jego zakończeniu. Wskaźniki rezultatu powinny być logicznie powiązane z szczegółowymi celami Programu. W Programie TECHMATSTRATEG wskaźniki rezultatu będą mierzone po zakończeniu Programu, a przed upływem 5 lat, na podstawie ankiet dostarczonych przez wykonawców. Wykonawca będzie zobowiązany do dostarczenia ankiety zapisami umowy o dofinansowanie projektu.

Wskaźniki produktu (output indicators) opisują produkty, które powstały w trakcie realizacji Programu w rezultacie wydatkowania przyznanych środków. Opis wskaźników

produktu nie powinien wykraczać poza przyjęty termin wdrożenia przedsięwzięcia. W Programie TECHMATSTRATEG wskaźniki produktu będą mierzone w trakcie i po zakończeniu realizacji projektu finansowanego w ramach Programu, na podstawie raportów okresowych oraz raportu końcowego dostarczonych przez wykonawców. Wykonawca będzie zobowiązany do dostarczenia raportów zapisami umowy o dofinansowanie projektu.

Lista wskaźników monitorowania i oceny Programu "Nowoczesne technologie materiałowe" jest przedstawiona w tabelach od 6.1 do 6.3 w rozbiciu na wymienione trzy grupy wskaźników. Wskaźniki rezultatu odniesione są w tabeli 6.2 do celów szczegółowych Programu. Opis wskaźników, podany w tych tabelach, określa sposób pomiaru wyników Programu.

Docelowe wartości wskaźników, określone w oparciu o statystyki dotyczące wielkości i efektywności wykorzystania środków na badania, zależą od wielkości budżetu Programu. Wartości podane w tabelach od 6.1 do 6.3 zostały określone przy założeniu budżetu Programu o wartości 500 mln zł. Taką wartość budżetu Programu przyjmowali eksperci i taką wartość przyjęto przy szacowaniu wartości wskaźników.

6.1. Statystyki dotyczące wielkości i efektywności nakładów na badania (2013 r.)

Oszacowanie przewidywanych wartości wskaźników opiera się na danych statystycznych zbieranych i publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny. W tym dokumencie wykorzystano dane zawarte w najświeższych dostępnych raportach GUS:

1. Nauka i technika w 2013 r., Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, 2014 (http://szczecin.stat.gov.pl/publikacje-i-foldery/nauka-technika/nauka-i-technika-w-2013-r-,3,10.html)
2. Nanotechnologia w Polsce w 2013 r., Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, 2013, (http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/nauka-i-technika-spoleczenstwo-informacyjne/nauka-i-technika/nanotechnologia-w-polsce-w-2013-r-,9,2.html)
3. Działalność badawcza i rozwojowa w Polsce w 2013 r, Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Informacja sygnalna, listopad 2014

Ponadto wykorzystano opracowanie:

4. Thomson Reuters' Essential Science Indicators database, 1 January 2000-31 December 2010 (http://www.timeshighereducation.co.uk/415643.article)

1. Nakłady wewnętrzne na badania naukowe i prace rozwojowe (GERD) w mln zł wynoszą: 14 423,8 mln zł,

   w tym:
   - szkoły wyższe: 4 220,3 mln zł
   - podmioty gospodarcze: 6 291,2,0 mln zł

2. Łączne nakłady na środki trwałe: 3 393,7 mln zł

   w tym:
   - szkoły wyższe: 1 223,8 mln zł
   - podmioty gospodarcze: 1 524,6 mln zł

3. Łączna liczba patentów
   - patenty zgłoszone: 4 237
   - patenty uzyskane: 2 339

4. Łączna liczba wzorów użytkowych
   - wzory użytkowe zgłoszone: 986
   - wzory użytkowe uzyskane: 621

5. Nakłady na badania i prace rozwojowe w dziedzinie nauk inżynieryjnych i technicznych: 7 627,9,2 mln zł, w tym:
   - szkoły wyższe: 1 307,1 mln zł
   - podmioty gospodarcze: 4 911,8 mln zł

6. Łączne nakłady na badania i prace rozwojowe w dziedzinie nanotechnologii: 283,1 mln zł, w tym sektor szkolnictwa wyższego: 135,9 mln zł, co stanowi 48,0% łącznych nakładów

7. Łączne nakłady na działalność innowacyjną w przemyśle: 20 958,9 mln zł,

8. Liczba stopni naukowych nadanych w naukach inżynieryjnych i technicznych w 2013 r.: 1 237, w tym doktora habilitowanego 370 i doktora 867

6.2. Docelowe wartości wskaźników

Tabela 6.1. Wskaźniki wpływu – mierzone w trakcie ewaluacji ex-post wykonanej 5 lat po zakończeniu Programu na podstawie ankiet dostarczonych przez wykonawców

Wskaźniki wpływu			
L.p.	**Opis**	**Wartość bazowa**	**Wartość docelowa**
1.	Liczba produktów: nowych lub ulepszonych materiałów, technologii i technik pomocniczych, opracowanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu	0	**100**
2.	Liczba patentów uzyskanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu	0	**50**
3.	Liczba wzorów użytkowych uzyskanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu	0	**10**
4.	Przychód z wdrożonych w wyniku realizacji Programu prac B+R w relacji do wysokości dofinansowania Projektu	0	**25%**
5.	Liczba cytowań publikacji opracowanych w ramach Programu (baza ISI)	0	**2000**
6.	Liczba stopni naukowych uzyskanych w wyniku prac rozpoczętych podczas trwania Programu przez naukowców biorących udział w Programie	0	**60**

Tabela 6.2. Wskaźniki rezultatu – mierzone po zakończeniu Programu, przed upływem 5 lat, na podstawie ankiet dostarczonych przez wykonawców

Wskaźniki rezultatu			
Lp.	**Opis**	**Wartość bazowa**	**Wartość docelowa**
Aktywizacja współpracy jednostek badawczych z przedsiębiorstwami i innymi podmiotami życia gospodarczego			
1	Liczba projektów jednostek badawczych biorących udział w Programie, realizowanych poza Programem wspólnie z przedsiębiorstwami i innymi podmiotami życia gospodarczego	0	**20**
Przygotowanie wdrożenia innowacyjnych rozwiązań opracowanych w ramach Programu			
2	Liczba patentów uzyskanych przez przedsiębiorstwa w wyniku realizacji Programu	0	**25**
3	Liczba wzorów użytkowych uzyskanych przez przedsiębiorstwa w wyniku realizacji Programu	0	**10**
Zwiększenie udziału polskich zespołów badawczych w europejskich programach w zakresie badań i innowacji w obszarach Programu			
4	Liczba projektów uzyskanych przez polskie zespoły biorące udział w inicjatywach i projektach uruchamianych w ramach programu Horyzont 2020 (wartość docelowa), w stosunku do 7 PR (wartość bazowa)	59	**71** (+20%)
5	Wartość projektów B+R uzyskanych przez polskie zespoły biorące udział w inicjatywach i projektach uruchamianych w ramach programu Horyzont 2020 (wartość docelowa), w stosunku do 7 PR (wartość bazowa)	17,4 mln euro	**26,1 mln euro** (+50%)
Pobudzenie aktywności badawczej prywatnego sektora gospodarczego w obszarach Programu			
6	Zwiększenie kwoty nakładów na badania naukowe i prace rozwojowe, poniesionych przez przedsiębiorców biorące udział w realizacji projektów w ramach Programu	0	**100 mln zł**

Tabela 6.3. Wskaźniki produktu – mierzone w trakcie i po zakończeniu realizacji projektu finansowanego w ramach Programu, na podstawie raportów okresowych oraz raportu końcowego dostarczonych przez wykonawców

Wskaźniki produktu			
L.p.	**Opis**	**Wartość bazowa**	**Wartość docelowa**
1.	Liczba produktów: nowych lub ulepszonych materiałów, technologii i technik pomocniczych, opracowanych i poddanych weryfikacji podczas realizacji Programu	0	**200**
2.	Liczba zgłoszeń patentowych dokonanych w wyniku realizacji Programu	0	**155**
3.	Liczba zgłoszeń wzorów użytkowych dokonanych w wyniku realizacji Programu	0	**33**
4.	Liczba publikacji z listy *Journal Citation Reports* dotyczących wyników prac B+R uzyskanych w ramach realizacji Programu	0	**300**
5.	Udział młodych naukowców w realizacji Programu	0	**25%**

7. Określenie ryzyka dla osiągnięcia celów Programu

Podstawowe ryzyko związane z nieosiągnięciem celów Programu jest związane z nieprzewidywalnością wyników badań naukowych prowadzonych w celu opracowania nowych technologii.

Do innych czynników zwiększających ryzyko nieosiągnięcia celów Programu należy zaliczyć:

Czynniki prawne/systemowe:

- wprowadzenie niekorzystnych zmian w przepisach podatkowych, powodujące osłabienie potencjału inwestycyjnego przedsiębiorstw i utratę zainteresowania udziałem w projekcie;
- niewystarczające, wymagające uszczegółowienia uregulowania prawne w zakresie ochrony własności intelektualnej i finansowania zespołów badawczych w cyklu od badań do wdrożenia, szczególnie długotrwałe procedury uzyskania ochrony patentowej,

Czynniki rynkowe/gospodarcze:

- globalne zmiany trendów rozwoju niektórych gałęzi przemysłu wynikające z uwarunkowań ekonomicznych i politycznych (np. dramatyczny wzrost cen niektórych surowców);
- konkurencja firm zagranicznych, wynikającą z wyższego poziomu technologicznego oraz wyższych nakładów na badania i marketing;
- brak motywacji/zachęt przedstawicieli przemysłu do długofalowego rozwijania i wprowadzania na rynek nowych produktów i koncentracja przemysłu na doraźnych korzyściach płynących z realizacji projektów badawczych;
- niewystarczający potencjał technologiczny przedsiębiorstw uniemożliwiający wdrożenie opracowanych technologii w produkcji seryjnej;
- zła sytuacja finansowa przedsiębiorstw, uniemożliwiająca podjęcie ryzyka poniesienia części kosztów realizacji i wdrożenia efektów projektu;

Czynniki leżące po stronie sfery nauki:

- niska aktywność ośrodków naukowych w zakresie popularyzacji nowych technologii i wyrobów;
- niska skuteczność wdrożeniowa spowodowana niewielkim doświadczeniem pracowników naukowych w zakresie współpracy z przemysłem;
- nadmierna koncentracja członków zespołów badawczych na osiągnięciach naukowych kosztem wyników praktycznych, mających zastosowanie w przemyśle;
- brak spójności działań w przypadkowo dobranych zespołach badawczych, skutkujący zmniejszeniem skuteczności wykonywanych prac;

Specyficzne czynniki odnoszące się do konkretnych obszarów zastosowań:

- brak specjalistycznego zaplecza laboratoryjnego oraz długotrwałe procedury w pozyskiwaniu zgody na prowadzenie testowania wyrobów medycznych w warunkach przedklinicznych i klinicznych (brak jednostek akredytacyjnych i notyfikujących);
- niskie nakłady na służbę zdrowia i niewystarczające uregulowania prawne w zakresie stosowania w służbie zdrowia wysokospecjalizowanych technologii materiałowych;
- przedłużający się proces uchwalania krajowego prawodawstwa dotyczącego OZE, a w szczególności warunków wsparcia przez państwo inwestycji w tym zakresie oraz łagodniejsze od standardów unijnych wymagania w zakresie efektywności energetycznej budynków, niepreferujące rozwiązań prosumenckich.

Zarządzanie ryzykiem w programie prowadzone będzie przez Koordynatora Programu według obowiązującej w NCBR ***Procedury nr PZ3-1: Zarządzanie Ryzykiem***.

8. Sposób interwencji i warunki realizacji projektów w ramach Programu

Program będzie realizowany na zasadach określonych w *rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 17 września 2010 r. w sprawie szczegółowego trybu realizacji zadań Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.* Zgodnie z par. 4 ust. 1 ww. rozporządzenia realizacja Programu polega na finansowaniu projektów, zarządzaniu nim w sposób zapewniający osiągnięcie jego celów oraz zgodność z harmonogramem i planem finansowym.

Wybór wykonawców projektów nastąpi w drodze konkursu ogłaszanego przez Dyrektora zgodnie z art. 36 ust. 1 Ustawy o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju i będzie realizowany zgodnie z obowiązującą w NCBR ***Procedurą PG1-2: Wybór wykonawców projektów***. Szczegółowy tryb naboru wniosków oraz kryteria oceny każdorazowo zostaną określone w regulaminie konkursu.

Sposób interwencji, w tym rodzaje zadań objęte dofinansowaniem oraz intensywność wsparcia, są przedstawione w tabeli 8.1, przy czym warunki będą każdorazowo uszczegółowione w regulaminie konkursu w sposób adekwatny do jego zakresu.

Tabela 8.1. Sposób interwencji w ramach Programu

Sposób interwencji	Dofinansowanie projektów obejmujących badania naukowe, prace rozwojowe oraz działania obejmujące przygotowanie ich wyników do zastosowania w praktyce.
Wnioskodawcy / Beneficjenci	Konsorcja naukowe, w skład których wchodzą co najmniej trzy jednostki organizacyjne, z których co najmniej jedna jest jednostką naukową i co najmniej jedna jest przedsiębiorcą.
Rodzaje zadań objęte dofinansowaniem	**Badania podstawowe –** zgodnie z definicją zawartą w art. 2 pkt. 3a ustawy o zasadach finansowania nauki – oryginalne prace badawcze eksperymentalne lub teoretyczne podejmowane przede wszystkim w celu zdobywania nowej wiedzy o podstawach zjawisk i obserwowalnych faktów bez nastawienia na bezpośrednie zastosowanie komercyjne (wyłącznie w przypadkach uzasadnionych specyfiką projektu, do 15% całkowitego budżetu projektu: realizowane wyłącznie przez jednostkę naukową).
	Badania przemysłowe – zgodnie z definicją zawartą w art. 2 pkt. 3c ustawy o zasadach finansowania nauki – badania mające na celu zdobycie nowej wiedzy oraz umiejętności w celu opracowywania nowych produktów, procesów i usług lub wprowadzania znaczących ulepszeń do istniejących produktów, procesów i usług; badania te uwzględniają tworzenie elementów składowych systemów złożonych, budowę prototypów w środowisku laboratoryjnym lub w środowisku symulującym istniejące systemy, szczególnie do oceny przydatności danych rodzajów technologii, a także budowę niezbędnych w tych badaniach linii pilotażowych, w tym do uzyskania dowodu w przypadku technologii generycznych.
	Prace rozwojowe – zgodnie z definicją w art. 2 pkt. 4 ustawy o zasadach finansowania nauki – nabywanie, łączenie, kształtowanie i wykorzystywanie dostępnej aktualnie wiedzy i umiejętności z dziedziny nauki, technologii i działalności gospodarczej oraz innej wiedzy i umiejętności do planowania produkcji oraz tworzenia i projektowania nowych, zmienionych lub ulepszonych produktów, procesów i usług, z wyłączeniem prac obejmujących rutynowe i okresowe zmiany wprowadzane do produktów, linii produkcyjnych, procesów wytwórczych, istniejących usług oraz innych operacji w toku, nawet jeżeli takie zmiany mają charakter ulepszeń.
	Przygotowanie wyników badań i prac rozwojowych do zastosowania w praktyce, obejmujące w szczególności: – badania społecznego i gospodarczego zapotrzebowania na produkt, – sporządzenie dokumentacji niezbędnej do wdrożenia produktu, – opracowanie procedur związanych z wykorzystywaniem przyszłego produktu będącego wynikiem badań naukowych lub prac rozwojowych, – uzyskanie certyfikatu zgodności upoważniającego do oznaczenia wyrobu znakiem zgodności z normą krajową lub ponadnarodową, – certyfikację w rozumieniu ustawy z dn. 30 sierpnia 2002 r.

	o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2014 r. poz. 1645, z późn. zm), – działania bezpośrednio związane z postępowaniami dotyczącymi przyznania praw własności przemysłowej
Czas realizacji projektu w ramach Programu	od 24 do 36 miesięcy
Minimalna wysokość kosztów kwalifikowanych	5 mln PLN (może być zwiększona Regulaminem konkursu)
Instrumenty i intensywność wsparcia	**Zakładany całkowity budżet Programu wyniesie około 500 mln zł** **Jednostki naukowe:** – dofinansowanie badań naukowych i prac rozwojowych – do 100% kosztów kwalifikowalnych **Przedsiębiorcy:** pomoc publiczna <u>na badania przemysłowe:</u> – małe / mikroprzedsiębiorstwa – do 80% kosztów kwalifikowalnych – średnie przedsiębiorstwa – do 75% kosztów kwalifikowalnych – duże przedsiębiorstwa – do 65% kosztów kwalifikowalnych <u>na prace rozwojowe:</u> – małe/ mikroprzedsiębiorstwa – do 60% kosztów kwalifikowalnych – średnie przedsiębiorstwa - do 50% kosztów kwalifikowalnych – duże przedsiębiorstwa - do 40% kosztów kwalifikowalnych <u>na działania związane z przygotowaniem wyników badań i prac rozwojowych do zastosowania w działalności gospodarczej:</u> – pomoc *de minimis* – do 90% kosztów kwalifikowanych
Katalog kosztów kwalifikowalnych	**W** - Koszty zatrudnienia osób wykonujących projekt. **A** - Koszty narzędzi i sprzętu wykorzystywanych w czasie wykonywania projektu; jeżeli takie narzędzia i sprzęt są używane w okresie dłuższym niż czas wykonywania projektu, za koszty kwalifikowalne przyjmuje się koszty amortyzacji w okresie wykonywania projektu, obliczone na podstawie przepisów o rachunkowości. Koszty wynikające z odpłatnego korzystania z narzędzi i sprzętu wykorzystywanych w czasie wykonywania projektu, w zakresie niezbędnym i przez okres niezbędny do realizacji projektu. **G** - Koszty budynków i gruntów wykorzystywanych w czasie wykonywania projektu; w przypadku budynków za koszty kwalifikowalne przyjmuje się koszty amortyzacji w okresie wykonywania projektu, obliczone na podstawie przepisów o rachunkowości; w przypadku gruntów za koszty kwalifikowalne przyjmuje się koszty związane z przeniesieniem własności, koszty wynikające z odpłatnego korzystania z gruntu lub rzeczywiste poniesione koszty kapitałowe **E** - Koszty doradztwa lub równoważnych usług wykorzystywanych wyłącznie do celów wykonania projektu, nabytych po cenach

	rynkowych, pod warunkiem że w transakcji nie ma elementów zmowy. **Op** – Koszty operacyjne: • Koszty opłat urzędowych ponoszonych w związku z realizacją czynności objętych projektem, • Koszty pomocy prawnej bezpośrednio związanej z realizacją czynności objętych projektem, • Inne koszty operacyjne, w tym koszty materiałów, dostaw i podobnych produktów, ponoszone bezpośrednio w związku z wykonaniem projektu oraz usług bezpośrednio związanych z realizacją projektu. **O** - Dodatkowe koszty ogólne ponoszone bezpośrednio w związku z realizacją projektu objętego pomocą, określone jako ryczałt (procent) od pozostałych kosztów kwalifikowanych projektu obliczonych zgodnie ze wzorem: O = (W + A+ G + Op) x max 25%
	Koszty mogą być ponoszone od dnia złożenia wniosku, pod warunkiem złożenia wniosku przed rozpoczęciem realizacji projektu

Dofinansowanie na realizację projektów będzie przekazywane na podstawie umów. Ich rozliczanie będzie się odbywać zgodnie z ustanowioną w NCBR ***Procedurą PG1-3: Nadzór nad wykonaniem i finansowanie projektu w ramach umowy***.

9. Harmonogram realizacji Programu

Zgodnie z Art. 15 ust. 1. Ustawy o NCBR, Rada przygotowuje i przedstawia Ministrowi do zatwierdzenia projekty strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych. Projekt Programu został przygotowany zgodnie z obowiązującą w NCBR ***Procedurą PG1-1A: Przygotowanie Programu strategicznego***, która odnosi się również do fazy wstępnej uruchomienia Programu, następującej po zatwierdzeniu projektu Programu przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Mając na względzie powyższe, wstępny harmonogram fazy wstępnej uruchomienia Programu, w odniesieniu do dnia zatwierdzenia projektu Programu i jego przekazania do realizacji Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju, przedstawiono w tabeli 9.1.

Tabela 9.1. Harmonogram fazy wstępnej uruchomienia Programu

Termin	Działanie
0	Zatwierdzenie Programu przez Ministra
1,0 M	Powołanie **Komitetu Sterującego**
1,5 M	Powołanie **Koordynatora Programu**

2,0 M	Przygotowanie harmonogramu realizacji Programu oraz propozycji zakresu kolejnych konkursów przez **Koordynatora Programu**
2,5 M	Zatwierdzenie harmonogramu realizacji Programu przez **Komitet Sterujący**
3,0 M	Ustalenie zakresu tematycznego konkursów i określenie alokacji środków przez **Komitet Sterujący**

X M – liczba miesięcy od dnia zatwierdzenia Programu

Szczegółowy harmonogram realizacji Programu jest przygotowywany przez **Koordynatora Programu** i zatwierdzany przez **Komitet Sterujący** z uwzględnieniem budżetu Centrum na rok bieżący oraz kolejne lata realizacji Programu. Ramowy harmonogram, zakładający przeprowadzenie 3 konkursów (K1, K2, K3) na realizację projektów, przedstawiony jest w tabeli 9.2. Konkursy będą przeprowadzone zgodnie z ***Procedurą PG1-2 Wybór wykonawców projektów*.** Proces ten uwzględnia: przygotowanie dokumentacji konkursowej, przeprowadzenie naboru wniosków, ich ocenę formalną i merytoryczną, wydanie decyzji i podpisanie umów.

Tabela 9.2. Ramowy harmonogram realizacji Programu

Lata realizacji, monitorowania i ewaluacji Programu												
2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021-2025
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
		K1										
			Realizacja projektów z 1. konkursu									
				K2								
					Realizacja projektów z 2. konkursu							
						K3						
							Realizacja projektów z 3. konkursu					
			Nadzór nad wykonaniem i finansowanie projektów									
				Monitorowanie i ewaluacja Programu								

W trakcie realizacji Programu będzie prowadzona jego ewaluacja w szczególności w celu rozstrzygnięcia, czy kontynuacja Programu prowadzi do osiągnięcia celów Programu oraz czy jest zgodna z celami polityki naukowej państwa i polityki wspierania innowacyjności.

Po zakończeniu realizacji Programu, przeprowadzona będzie ewaluacja mająca na celu w szczególności ocenę stopnia osiągnięcia jego celów, a w przypadku nie osiągnięcia celów Programu określenie przyczyn niepowodzenia.

Proces ewaluacji będzie realizowany zgodnie z obowiązująca w NCBR ***Procedurą PG2-2: Ewaluacja Programu***.

10. Plan finansowy Programu, w tym źródła finansowania

Projekty w ramach Program będą finansowane z dotacji celowej na realizację strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych, innych zadań Centrum oraz na realizację badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, o której mowa w art. 46 ust. 1 pkt 1 Ustawy o NCBR, środków prywatnych (środki przedsiębiorców) oraz środków innych instytucji działających w obszarach Programu.

Koszty zarządzania Programem tj. np. wynagrodzenia pracowników NCBR zaangażowanych we wdrażanie Programu, koszty oceny wniosków o dofinansowanie wykonywanych przez niezależnych ekspertów, koszty związane z działalnością Komitetu Sterującego będą pochodziły z dotacji podmiotowej na pokrycie bieżących kosztów zarządzania realizowanymi przez Centrum zadaniami, o której mowa w Art. 46 ust. 1 pkt 2 Ustawy o NCBR.

Zakłada się, że koszty zarządzania Programem nie przekroczą 2% budżetu NCBR przeznaczonego na finansowanie projektów w ramach Programu.

Co najwyżej 85% środków przeznaczonych na dofinansowanie projektów w ramach Programu będzie pochodziło z budżetu NCBR. Pozostałą część dofinansowania (co najmniej 15%) muszą zapewnić środki pochodzące od przedsiębiorców lub instytucji działających w obszarach Programu.

Proponowany podział dofinansowania projektów w ramach Programu z podziałem na kolejne lata kalendarzowe, przy założeniu 1 konkursu rocznie na projekty w latach 2015 - 2017, zaprezentowano w tabeli 10.1.

Tabela 10.1. Podział środków w kolejnych latach realizacji Programu.

	Środki przeznaczone na dofinansowanie projektów w poszczególnych latach							
	Alokacja [%]	**2015 [%]**	**2016 [%]**	**2017 [%]**	**2018 [%]**	**2019 [%]**	**2020 [%]**	**2021 [%]**
K1 – 2015	30	0	6	10	10	4	0	0
K2 – 2016	40	0	0	8	12	12	8	0
K3 – 2017	30	0	0	0	6	10	10	4
Razem w poszczególnych latach	**100**	**0**	**6**	**18**	**28**	**26**	**18**	**4**

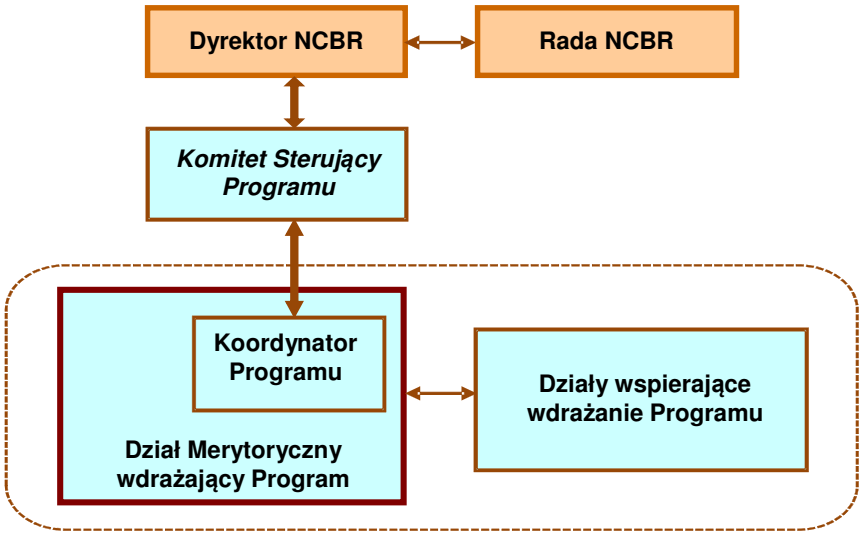
11. System realizacji i zarządzania Programem

Nadzór nad realizacją Programu sprawuje Dyrektor NCBR. Prace związane z wdrażaniem Programu realizuje wskazany przez Dyrektora Dział NCBR.

Realizacja Programu obejmuje m.in. finansowanie projektów obejmujących badania naukowe, prace rozwojowe oraz działania związane z przygotowaniem wyników badań i prac

rozwojowych do zastosowania w praktyce. Tematy i wykonawcy projektów są wybierani w drodze konkursu ogłaszanego przez Dyrektora zgodnie z art. 36 ust. 1 Ustawy o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju.

Struktura zarządzania realizacją Programu składa się z Komitetu Sterującego i Koordynatora. Komitet Sterujący zostanie powołany przez Dyrektora zgodnie z Procedurą wyłaniania Komitetu Sterującego z dnia 26.06.2012 r. Koordynator Programu zostanie wyłoniony zgodnie z ***Procedurą PG1-1A: Przygotowanie Programu strategicznego***. Schemat struktury zarządzania Programem jest pokazany na rys. 11.1.



Rysunek 11.1. Schemat struktury zarządzania realizacją Programu

Komitet Sterujący Programu określa zakres poszczególnych konkursów w ramach zakresu tematycznego opisanego w rozdziale 4, mając na względzie cele Programu oraz wskaźniki do osiągnięcia. W swoich działaniach Komitet Sterujący Programu będzie dążył do:

- maksymalizacji udziału środków pozabudżetowych w projektach;
- uzyskania w określonych niszach rynku globalnego przewagi konkurencyjnej przez polskie przedsiębiorstwa;
- dofinansowania z budżetu Programu dla przedsięwzięć kompleksowych, obejmujących oprócz prac badawczo-rozwojowych prace przygotowawcze do wdrożenia.

Do zadań Komitetu Sterującego należy ustalenie adekwatnych do tematyki konkursów warunków realizacji projektów (w tym ewentualnych maksymalnych kwot dofinansowania projektów), udziału środków pozabudżetowych, tworzenie listy rankingowej wniosków o dofinansowanie projektów oraz monitorowanie realizacji Programu, mając na uwadze osiągnięcie jego celów.

Koordynator Programu przygotowuje projekt harmonogramu realizacji konkursów, monitoruje realizację projektów, identyfikuje zmiany zachodzące w otoczeniu Programu i problemy w realizacji Programu oraz formułuje propozycje zmian w projektach. Do zadań Koordynatora należy przygotowanie projektów wszelkich dokumentów zatwierdzanych

przez Komitet Sterujący Programu i Dyrektora Centrum oraz informacji i analiz niezbędnych Komitetowi Sterującemu Programu i Dyrektorowi Centrum do zarządzania programem.

Szczegółowy zakres kompetencji oraz odpowiedzialności Koordynatora Programu w poszczególnych procesach związanych z realizacją i zarządzaniem programami określają procedury obowiązujące w NCBR. Najważniejsze z tych procedur są wskazane w tabeli 11.1.

Tabela 11.1. Procedury związane z realizacją i zarządzaniem programami w NCBR

Procedura	Proces
PG1-2	Wybór wykonawców projektów
PG1-3	Nadzór nad wykonaniem i finansowanie projektu w ramach umowy
PG1-4	Monitorowanie Programu

Koordynator Programu będzie wspierany w swoich działaniach przez pracowników Działu wdrażającego Program, wskazanego przez Dyrektora NCBR. Inne Działy NCBR będą udzielały wsparcia w zakresie swoich kompetencji określonych w Regulaminie Organizacyjnym oraz wewnętrznych procedurach NCBR.

12. Matryca logiczna Programu

	Logika interwencji	Wskaźniki	Weryfikacja
Cel główny	Rozwój wiedzy w obszarach Programu, prowadzący do transferu do otoczenia społeczno-gospodarczego innowacyjnych rozwiązań opracowanych w ramach Programu oraz wzrostu międzynarodowej pozycji Polski w badaniach naukowych i pracach rozwojowych w tej dziedzinie.	1. Liczba produktów: nowych lub ulepszonych materiałów, technologii i technik pomocniczych, opracowanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu 2. Liczba patentów uzyskanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu 3. Liczba wzorów użytkowych uzyskanych i wdrożonych w wyniku realizacji Programu 4. Przychód z wdrożonych w wyniku realizacji Programu prac B+R 5. Liczba cytowań publikacji opracowanych ramach Programu (w bazie ISI) 6. Liczba stopni naukowych uzyskanych w wyniku prac rozpoczętych podczas trwania Programu przez naukowców biorących udział w Programie	W okresie 5 lat od zakończenia Programu, na podstawie informacji dostarczonych przez wykonawców w trakcie ewaluacji ex-post

	Logika interwencji	Wskaźniki	Weryfikacja
Cele szczegółowe	1. Aktywizacja współpracy jednostek badawczych z przedsiębiorstwami i innymi podmiotami życia gospodarczego. 2. Przygotowanie wdrożenia innowacyjnych rozwiązań opracowanych w ramach Programu 3. Zwiększenie udziału polskich zespołów badawczych w europejskich programach w zakresie badań i innowacji w obszarach Programu 4. Pobudzenie aktywności badawczej prywatnego sektora gospodarczego w obszarach Programu	1. Liczba projektów jednostek badawczych biorących udział w Programie, realizowanych poza Programem wspólnie z innymi podmiotami 2. Liczba patentów uzyskanych przez przedsiębiorstwa w wyniku realizacji Programu 3. Liczba wzorów użytkowych uzyskanych przez przedsiębiorstwa w wyniku realizacji Programu 4. Liczba projektów uzyskanych przez polskie zespoły biorące udział w inicjatywach i projektach uruchamianych w ramach programu Horyzont 2020 (wartość docelowa), w stosunku do 7 PR (wartość bazowa) 5. Wartość projektów uzyskanych przez polskie zespoły biorące udział w inicjatywach i projektach uruchamianych w ramach programu Horyzont 2020 (wartość docelowa), w stosunku do 7 PR (wartość bazowa) 6. Zwiększenie kwoty nakładów na badania naukowe i prace rozwojowe, poniesionych przez podmioty pozabudżetowe biorące udział w realizacji projektów w ramach Programu	Na podstawie informacji dostarczonych przez wykonawców po zakończeniu Programu
Produkty	1. Nowe produkty opracowane w ramach Programu 2. Zgłoszenia patentowe w UP RP lub EPO 3. Wzory użytkowe zgłoszone w UP RP 4. Publikacje dotyczące wyników prac B+R Programu 5. Zaangażowanie młodych naukowców	1. Liczba produktów: nowych lub ulepszonych materiałów, technologii i technik pomocniczych, opracowanych i poddanych weryfikacji podczas realizacji Programu 2. Liczba zgłoszeń patentowych dokonanych w wyniku realizacji Programu 3. Liczba zgłoszeń wzorów użytkowych dokonanych w wyniku realizacji Programu 4. Liczba publikacji z listy *Journal Citation Reports* dotyczących wyników prac B+R uzyskanych w ramach realizacji Programu 5. Liczba młodych naukowców biorących udział w realizacji Programu	Raporty okresowe i końcowe dostarczone przez wykonawców w trakcie i po zakończeniu realizacji projektu finansowanego w ramach Programu, opinie ekspertów oceniających raporty okresowe
Działania	Projekty obejmujące badania podstawowe, badania przemysłowe, prace rozwojowe i przygotowanie wyników do zastosowania w praktyce, przyznawane w drodze konkursów ogłaszanych przez Dyrektora NCBR	**Zasoby użyte do kontroli przebiegu Programu:** • osoby z Działu Zarządzania Programami NCBR i innych działów wspierających wdrażanie Programu • Komitet Sterujący Programu • eksperci recenzujący projekty • procedury • zaplecze biurowo-administracyjne NCBR	**Budżet:** 500 000 000 zł