

# **Wiadukt w Calabrii jako przykład innowacyjnych rozwiązań w budownictwie komunikacyjnym**

**Anna Leniak-Tomczyk<sup>1</sup>, Grażyna Łagoda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*DrogMost Lubelski Sp. z o.o., ul. Wrotkowska 1b, 20-469 Lublin, e-mail: anna.lt@drogmost.pl*

<sup>2</sup>*Instytut Dróg i Mostów, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, e-mail: g.lagoda@il.pw.edu.pl*

**Streszczenie:** Obecne przepisy prawa w Unii Europejskiej i na świecie wymuszają szukanie nowych rozwiązań w projektowaniu i wykonawstwie obiektów budownictwa komunikacyjnego, rozwiązań, które są zgodne z zasadami ochrony środowiska i przyrody, a jednocześnie ekonomicznie uzasadnione. Artykuł zawiera analizę innowacyjnych rozwiązań projektowania i budowy obiektów budownictwa komunikacyjnego na świecie na przykładzie planów przebudowy i modernizacji wiaduktu w ciągu autostrady A3 w Calabrii we Włoszech.

**Słowa kluczowe:** innowacja, budownictwo komunikacyjne, wiadukt, ochrona środowiska, energia odnawialna

## **1. Wprowadzenie**

Rozwiązania budownictwa komunikacyjnego, określane mianem innowacyjnych, to temat interdyscyplinarny i bardzo obszerny. W artykule zostaną omówione tylko te rozwiązania budownictwa komunikacyjnego, które mają związek z szeroko pojętą ochroną środowiska i przyrody, w tym z pozyskiwaniem energii odnawialnej, jednocześnie umożliwiające zwrot kosztów budowy w stosunkowo niedługim czasie.

Do takich rozwiązań zaliczymy m.in.:

- nawierzchnie jezdni z paneli solarnych – tzw. Solar roadways;
- turbiny wiatrowe, montowane na obiektach drogowych;
- wykorzystanie wycofywanych z użytkowania obiektów komunikacyjnych do szeregu innych funkcji przyjaznych naturze i człowiekowi, przy dodatnim szacunku kosztów ekonomicznych i „ludzkich”.

## **2. Problematyka metod pozyskiwania energii słonecznej i wiatrowej w kontekście ochrony środowiska i przyrody**

### **2.1. Pozyskiwanie energii słonecznej a ochrona środowiska**

Wyprodukowanie 1 MW energii z paneli fotowoltaicznych, przy budowie tzw. farm, wymaga zajęcia powierzchni średnio ok. 1-2 ha, w przypadku tradycyjnych technologii stosowanych w Unii Europejskiej, w tym w Polsce [1]. Z reguły pod budowę „farm” solarnych, fotowoltaicznych zajmowane są arealy nieużytków, gruntów użytkowanych rolniczo niższych klas bonitacyjnych, ale także łąki, czy obszary

leśne. Są to tereny biologicznie czynne, nierzadko cenne przyrodniczo, o dużym znaczeniu dla lokalnych biocenoz. Konstrukcje pod panele fotowoltaiczne nie degradują w sposób znaczny terenu, ale przyczyniają się do zmniejszenia bioróżnorodności regionu poprzez ograniczenie dostępu światła słonecznego i konieczność ciągłego wykaszania roślinności (za wyjątkiem rejonów pustynnych czy skalistych gór). W przypadku, jeśli powierzchnia planowanej farmy fotowoltaicznej wynosi nie mniej niż 1,0 ha, przed budową należy wykonać kartę informacyjną środowiska zgodnie z §3 ust. 1 pkt. 52 lit. b rozporządzenia w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [2]. W tej sprawie dużo zależy od interpretacji urzędników i czasami zdarza się, że farmy powstają bez opracowania środowiskowego. Biorąc pod uwagę powyższe, idea wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego jako „nośnika” instalacji do pozyskiwania energii odnawialnej wydaje się rozwiązaniem ze wszech miar słusznym. Nie ma tu znaczenia, czy będą to obiekty istniejące, czy też dopiero budowane – pierwsze już zajęły tereny niegdyś rolnicze, zabudowane, czy też dzięki przyrodzie, drugie i tak te tereny zajmą na potrzeby komunikacji. W Stanach Zjednoczonych Ameryki jest ok. 77 tysięcy kilometrów samych autostrad<sup>1</sup>, tj. szacując średnią szerokość autostrady po trzy pasy w jednym kierunku - na ok. 0,03 km, daje to powierzchnię ok. 2 310 km<sup>2</sup>, tj. 231 tysięcy hektarów, a tym samym 231 GW energii przy założeniu tradycyjnych technologii. W krajach Unii Europejskiej, z wyłączeniem Polski, autostrad jest ok. 64 883 km<sup>2</sup><sup>2</sup>. W Polsce wg stanu na grudzień 2013 mamy 1 517 km autostrad i 1 453 km dróg ekspresowych<sup>3</sup>. Daje to olbrzymie powierzchnie do zajęcia pod pozyskiwanie energii dla krajów Unii Europejskiej szacunkowo ok. 1 328 km<sup>2</sup>, tj. 132,8 tys. ha, biorąc pod uwagę jedynie autostrady, przy założeniu średniej szerokości ok. 20 m. Szacując dalej, daje to ok. 133 GW energii elektrycznej przy założeniu tradycyjnych technologii stosowanych obecnie na farmach fotowoltaicznych. Według serwisu iose.pl (stan na rok 2013) koszt wybudowania farmy fotowoltaicznej o powierzchni ok. 1 ha i mocy ok. 1 MW w Polsce to ok. 20 mln złotych. Taka farma jest w stanie zapewnić energię elektryczną dla ok. 450-500 gospodarstw domowych. Szacuje się, iż w porównaniu do produkcji energii elektrycznej w oparciu o paliwa kopalne, każdy kW instalacji fotowoltaicznej pozwala zaoszczędzić: do 16 kg NO<sub>x</sub>, do 9 kg SO<sub>x</sub> oraz od 600 do 2300 kg CO<sub>2</sub>, w zależności od składu paliwa i natężenia promieniowania słonecznego [3].

## 2.2. Pozyskiwanie energii wiatrowej a ochrona środowiska

Budowy farm wiatrowych na całym świecie wywołują dużo kontrowersji i wątpliwości zarówno wśród środowisk naukowych jak i lokalnych społeczności [4]. Oddziaływanie akustyczne, drgania, zajęcie ogromnych powierzchni terenu oraz przestrzeni powietrznej, duża śmiertelność przedstawicieli ornito i chiropterofauny – to tylko niektóre z wymienianych potencjalnych negatywnych oddziaływań na środowisko i przyrodę [5]. Obiektywna ocena tych zjawisk, generalizując wszystkie farmy wiatrowe, jest niemożliwa do wykonania z uwagi na zbyt dużą ilość zmiennych. Każda farma ze względu na region, w którym powstaje, ukształtowanie terenu, natężenie wiatru, występującą w okolicy zabudowę oraz biocenozy - wymaga indywidualnej oceny środowiskowej [6]. Budowa farmy wiatrowej wymaga przeprowadzenia oceny oddziaływania tej farmy na środowisko zgodnie

<sup>1</sup> źródło: <http://safety.fhwa.dot.gov>; data dostępu: 31.01.2014 r.

<sup>2</sup> dane GUS – stan na koniec 2010 r.

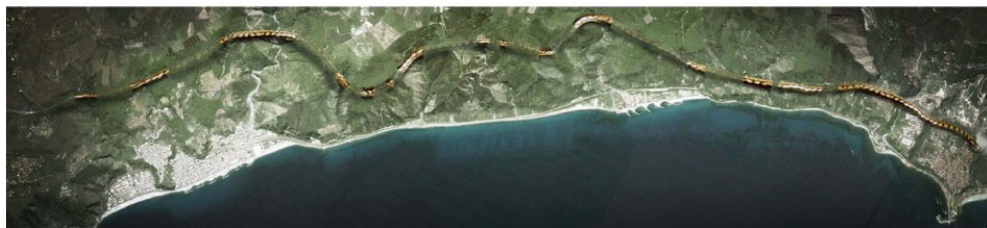
<sup>3</sup> źródło: [euro-dane.com.pl](http://euro-dane.com.pl); data dostępu: 31.01.2014 r.

z rozporządzeniem w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [2], o ile farma będzie miała moc nie mniejszą niż 100 MW lub w zależności od decyzji organu, jeśli wysokość instalacji jest nie niższa niż 30 m. Taka ocena z reguły musi być poprzedzona minimum rocznym monitoringiem ornitologicznym, a następnie po wybudowaniu, trzyletnim monitoringiem (choć zależy to od interpretacji i decyzji urzędników). Biorąc pod uwagę powyższe, idea wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego, w tym mostów, wiaduktów jako „nośnika” instalacji do pozyskiwania energii wiatrowej wydaje się rozwiązaniem wartym analizy. Zdecydowanie ten rodzaj energetyki budzi więcej wątpliwości niż pozyskiwanie energii słonecznej, niemniej wykorzystanie dla instalacji turbin istniejących obiektów inżynierskich, zmniejsza konieczność zajmowania dodatkowych terenów pod farmy wiatrowe. Na świecie wybudowano w ciągu minionych kilkudziesięciu lat ogromną liczbę monumentalnych obiektów inżynierskich (choćby: wiadukt Millau; most Qingdao Haiwan; most Aizhai w Jishou; czy kolejowy wiadukt Landwasser w dolinie Albula). Obiekty te stwarzają duże możliwości dla energetyki wiatrowej, po uprzednim przeprowadzeniu szeregu badań i analiz z dziedziny budownictwa, w tym mechaniki konstrukcji, jak również ochrony środowiska i przyrody.

### 3. Wiadukt w Calabрії jako przykład innowacyjnych rozwiązań budownictwa komunikacyjnego

Jak mawiali starożytni „*Conservatio est Aeterna Creatio*” (utrzymywanie jest wiecznym tworzeniem). W duchu tej sentencji w marcu 2010 roku został ogłoszony przez Wydział Urbanistyki i Zarządzania Terytorialnego Regionu Calabria we Włoszech międzynarodowy konkurs „Solar Park South” na wykorzystanie wycofywanego z użytkowania odcinka Autostrady del Sole (A3 Salerno – Reggio Calabria Highway). Nowy odcinek autostrady A3 w miejsce wycofywanego, składać się będzie głównie z tuneli i ma za zadanie zwiększenie bezpieczeństwa i funkcjonalności tej trasy.

Zamykany odcinek autostrady, biegnący pomiędzy Bagnarą a Scillą, wybudowany był w latach 1960 – 1970, głównie na wiaduktach i w tunelach. Highway del Sole przebiega w rejonie bardzo atrakcyjnym krajobrazowo i turystycznie, jak widać na rys. 1; z jednej strony krajobraz zboczy górskich oraz regionalnych wsi w dolinach, z drugiej strony morze Śródziemne, wybrzeże Calabрії, Cieśnina Messina, Sycylia i Wyspy Liparyjskie.



Rys. 1. Przebieg autostrady A3 del Sole na wybrzeżu Calabрії<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

Zgodnie z zasadami konkursu „Solar Park South”, projektanci mieli poświęcić jedną jezdnię autostrady (południe-północ) do stworzenia miejsca dla testowania produkcji energii ze źródeł odnawialnych lub poszukiwania nowych zrównoważonych technologii.

Druga nitka autostrady miałaby stanowić odcinek drogi krajowej nr 18, mający na celu zapewnienie lepszego połączenia gmin Scilla i Bagnara, w tym zintegrowanie w duchu ekorozwoju istniejącej drogi A3 z otaczającym krajobrazem, elementami przyrody i zabudowy, lokalnych społeczności z turystami, otaczającego obszaru górskiego i wiejskiego, z wykorzystaniem dróg serwisowych i elementów technicznych, pozostałych po budowie nowego odcinka Highway del Sole.

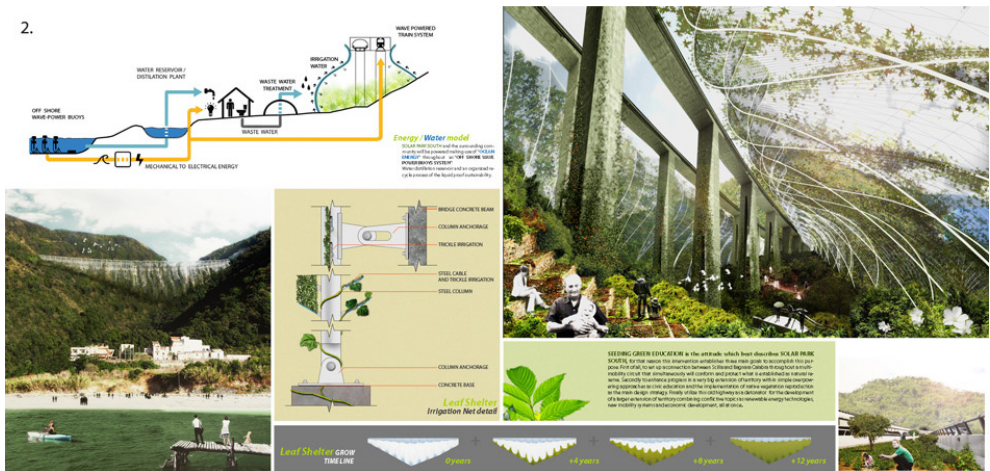
Stara trasa autostrady A3 przez wiele lat w pełni zintegrowała się z okolicznym krajobrazem oraz wpisała w zbiorową tożsamość regionu. Włodarze regionu Calabria w miejsce całkowitego wyburzenia starej trasy z jej żelbetowymi wiadukami, postanowili dać szansę naukowcom, architektom i inżynierom z całego świata w rozwijaniu ich kreatywności.

Pierwsze miejsce (rys. 2) zajął projekt Francuzów: Philippe Rizzotti, Vermet Tanguy, Manal Rachdi, Samuel Nageotte. Jest to autonomiczny system, bazujący na zasobach wody deszczowej oraz energii geotermalnej. Zbudowany jest z pionowo usytuowanych mieszkań, a także sklepów, części medycznej, rozrywkowej, w tym umożliwiający wspinaczkę, narciarstwo, i inne sporty, wykorzystując wszystkie aspekty tego regionu. Drugie miejsce zajął projekt Włochów: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino, o nazwie Solar Wind Bridge, który przedstawiony został dokładniej poniżej. Trzecie miejsce (rys. 3) zajął projekt Kolumbijczyków: Daniel Azuero, Tomas Jaramillo, Andres Gutierrez, Juan Jaramillo. Ideą jest tu „zielona edukacja”. Projekt poucza, że aktywność obywatelska lokalnych społeczności, stosowanie materiałów i upraw z danego obszaru, jest kluczem do sukcesu. Projekt zachęca okolicznych mieszkańców do uczestnictwa w budowie, tworząc przestrzeń publiczną tzw. *Green Education Research Center* dla wszystkich. Ma to być przykładem dla innych regionów świata, jak wykorzystać w sposób zrównoważony istniejący w danym regionie obiekt, promując go i czerpiąc z tego zyski.





Rys. 2 (a,b). Projekt Francuzów – pierwsze miejsce na konkursie Solar Park South w Calabрії<sup>5</sup>.



Rys. 3. Projekt Kolumbijczyków – trzecie miejsce na konkursie Solar Park South w Calabрії<sup>6</sup>.

### 3.1. Solar Wind Bridge

Projekt Solar Wind Bridge, zaprojektowany przez architektów włoskich: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino, zakłada wykorzystanie istniejących wiaduktów w ciągu autostrady A3 w Calabрії dla ciągłej produkcji energii, za pomocą systemu hybrydowego połączenia energii słonecznej i wiatrowej.

<sup>5</sup> źródło: [www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/494-1.html](http://www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/494-1.html); data dostępu: 02.12.2013r.

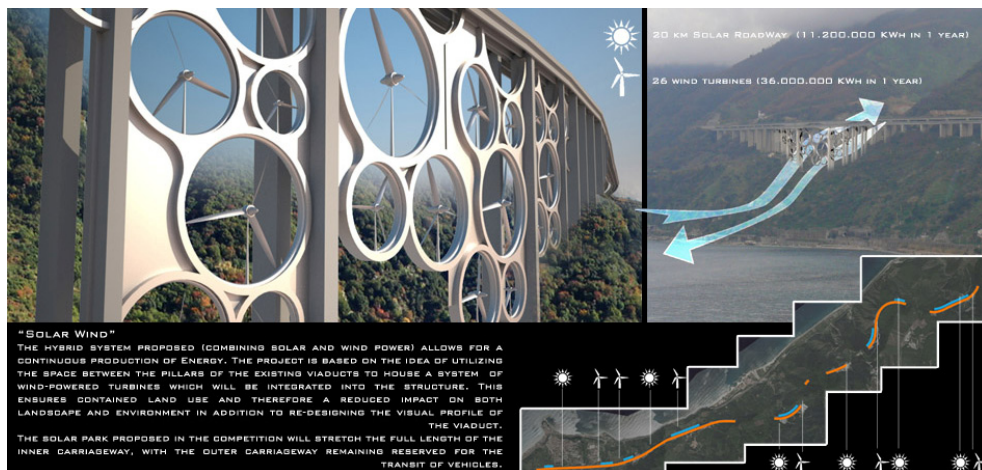
<sup>6</sup> źródło: [www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/80-1.html](http://www.newitalianblood.com/solarparksouth/projects/80-1.html); data dostępu: 02.12.2013r.



Rys. 4. Panorama z wizualizacją Solar Wind Bridge (drugie miejsce)<sup>7</sup>.

Projekt opiera się na idei wykorzystania przestrzeni pomiędzy filarami istniejących wiaduktów dla zamontowania systemu turbin wiatrowych, które zostaną włączone do całej struktury. Zaplanowano zamontowanie 26 turbin o łącznej mocy 36 mln kWh na rok. Dla porównania w całej Polsce w roku 2013 z energii wiatrowej uzyskaliśmy 5.823 GWh<sup>8</sup>.

Dzięki tej koncepcji zmniejszy się wpływ turbin wiatrowych na krajobraz i środowisko naturalne, ze względu na brak konieczności zajmowania nowych terenów pod farmy wiatrowe. Ponadto zyska wizualnie istniejący wiadukt, co wpłynie na znaczne zwiększenie atrakcyjności turystycznej tego regionu.



Rys. 5. Drugie miejsce na konkursie Solar Park South w Calabrii – widok na turbiny wiatrowe<sup>9</sup>

Drugą ideą projektu Solar Wind Bridge jest tzw. park słoneczny, rozciągający się na długości ok. 20 km na jezdni jednej nitki autostrady.

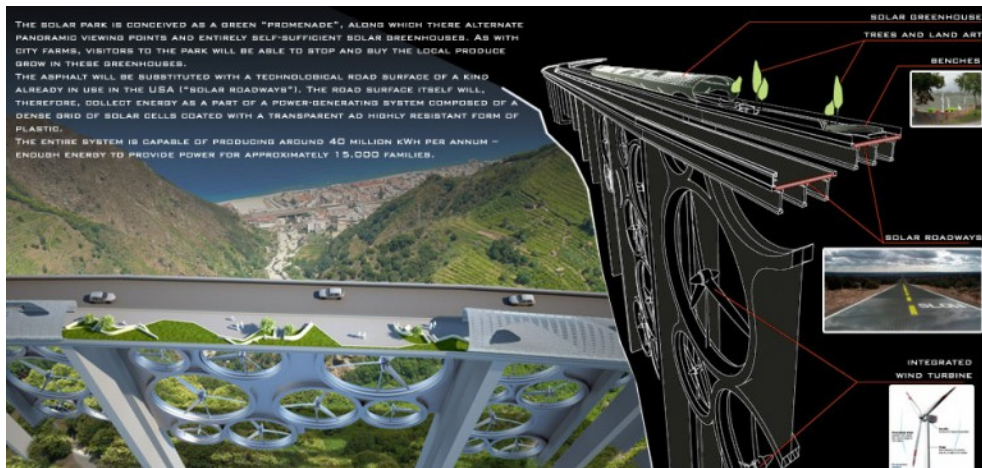
Park słoneczny jest pomyślany jako „zielona” promenada, na kształt panoramicznych szklarni, całkowicie samowystarczalnych energetycznie i ciepłnie. Wzdłuż

<sup>7</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

<sup>8</sup> źródło: reo.pl; data dostępu: 31.01.2014

<sup>9</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi

promenady goście parku będą mogli zatrzymać się, pospacerować, obejrzeć wspaniałe widoki na wybrzeże Calabrii, morze, pobliskie wyspy itp., kupić lokalne produkty, hodowane w tych szklarniach: warzywa, owoce, zboża, rośliny ogrodowe i inne. Szklarnie tzw. „*green promenade*” będą dostępne dla turystów z całego świata przez cały rok, zapewniając o każdej porze roku optymalne warunki dla zwiedzających oraz możliwość zakupu regionalnych produktów.



Rys. 6. Drugie miejsce na konkursie Solar Park South – widok na green promenade i solar road<sup>10</sup>

Trzecią ideą Solar Wind Bridge jest zastąpienie asfaltu drugiej nitki ok. 20 km autostrady przez tzw.: „*solar roadways*”.

Panele słoneczne, jako nawierzchnia jezdni stosowane są od kilku lat w USA. W 2008 roku Departament Transportu w Oregonie zamontował rząd paneli słonecznych na węźle w pobliżu dwóch międzystanowych autostrad<sup>11</sup>. Naukowcy z Illinois w USA otrzymawszy rządowy grant w wysokości 750 tys. dolarów planują w roku 2014 w Idaho wprowadzić do użytku komercyjnego prototyp technologii paneli solarnych, bazujący na nowej baterii jonowo – litowej. Jest to innowacyjna technologia, wykorzystująca strukturę katody i anody. Stosowane obecnie akumulatory litowo-jonowe mają stałą dwuwymiarową anodę, wykonaną z grafitu i katodę, wykonaną z soli litu. Bateria z Illinois ma oba elementy trójwymiarowe i porowate, co przekłada się na ogromną powierzchnię, na której mogą zachodzić reakcje chemiczne. Po dopracowaniu tej technologii prędkość „ładowania” urządzeń na baterie słoneczne będzie wielokrotnie szybsza niż obecnie dostępna na rynku, np. baterię do smartfona o grubości karty kredytowej będzie się ładować w kilka sekund<sup>12</sup>.

Projekt *solar roadways* zakłada zastąpienie asfaltu na nawierzchni jezdni A3 specjalnie przygotowanymi, odpornymi na obciążenia ogniwami słonecznymi o wysokiej odporności. Struktura paneli solarnych, składa się z trzech części: półprzezroczystej warstwy złożonej z ogniw słonecznych, lamp LED-owych oraz elementów grzejnych, warstwy elektroniki do sterowania oświetleniem i komunikacją oraz warstwy podstawowej, oddzielającej drogą instalację elektryczną od sieci

<sup>10</sup> wizualizacja autorstwa: Francesco Colarossi, Giovanna Saracino, Luisa Saracino – za zgodą mailową Francesco Colarossi  
<sup>11</sup> źródło: <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/solar-panel-highway1.htm>; data dostępu: 02.12.2013r.  
<sup>12</sup> źródło: [www.ecogeek.org/solar-power/3580-solar-roadways-set-to-build-first-solar-parking-lot](http://www.ecogeek.org/solar-power/3580-solar-roadways-set-to-build-first-solar-parking-lot); data dostępu: 02.12.2013r.

lokalnych. Panele słoneczne na powierzchni jezdni generują mniej energii niż te na dachach, gdyż nie mogą być skierowane pod optymalnym kątem do Słońca. Niemniej zasada *solar roadways* zakłada, że panele będą stanowić odrębne autonomiczne części z możliwością magazynowania energii i w razie zacinienia jakiegoś obszaru – z możliwością przesyłania energii między sobą<sup>13</sup>. Te ilości energii, które uda się zgromadzić będzie można wykorzystać np. do indukcyjnego ładowania akumulatorów samochodów elektrycznych. Ponadto dzięki autonomii każdego panelu „solarnej drogi” w razie wypadku drogowego nie ma ryzyka sparaliżowania całego ruchu drogowego. Projektanci *solar roadways*<sup>14</sup> chcą, by na jezdni były wyświetlane znaki oraz komunikaty drogowe. Sygnały pokroju „zwolnij” lub „uwaga piesi” byłyby na bieżąco generowane i wyświetlane przez układ LED-owych diod, reagujących na komendę z centrali.

Z informacji uzyskanych od Pana Francesco Colarossi cały system *solar roadways* na wiadukcie w Calabrii jest w stanie wyprodukować około 11,2 mln kWh rocznie. Łącznie cały system hybrydowy Solar Wind Bridge jest w stanie, po uwzględnieniu strat, wyprodukować ok. 40 milionów kWh rocznie - tyle energii, aby zapewnić zasilanie dla około 15.000 rodzin. Zgodnie z danymi od Francesco Colarossi: koszt budowy całej instalacji hybrydowej łączącej energię słoneczną i wiatrową, to 40.000.000,00 EUR; spodziewany zysk z energii odnawialnej, obliczony, przy założeniu dzisiejszych cen energii oraz zakładanych technologii - na ok. 20 lat to 120.000.000,00 EUR. Według informacji organizatorów konkursu Solar Park South rozbiórka wycofywanego z użytkowania odcinka autostrady A3 wyniosłaby ok. 55.000.000 dolarów.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Budownictwo komunikacyjne XXI wieku, w tym budownictwo obiektów inżynierskich i jednoczesne badania nad pozyskiwaniem energii z alternatywnych źródeł – postawiły przed architektami i inżynierami na całym świecie nowe wyzwania. Projektując drogę, czy obiekt inżynierski nie wystarczy zadbać o kwestie techniczne, należy także rozwiązać konflikty na płaszczyźnie droga – przyroda [7, 8, 9, 10, 11], jednocześnie dbając o efektywność ekonomiczną. Takie rozwiązania gwarantują innowacyjne techniki i technologie uwzględniające powiązanie budownictwa komunikacyjnego i instalacji do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Energia ta służyłaby nie tylko do obsługi urządzeń drogowych i około drogowych (m.in. zasilanie oznakowania, informacji drogowych, miejsc obsługi podróżnych), ale w miarę nowych odkryć i ulepszania technologii mogłaby posłużyć do wspierania energetycznie regionów, przez które przebiega ciąg komunikacyjny. Sieć dróg już istniejących, w tym głównie autostrad i dróg ekspresowych to ogromne powierzchnie i przestrzenie stanowiące potencjalne miejsca do wykorzystania dla alternatywnych źródeł pozyskiwania energii – bez konieczności zajmowania dodatkowych arealów dzikiej przyrody.

Oceniając ideę wykorzystania obiektów budownictwa komunikacyjnego na cele pozyskiwania energii odnawialnej - zawsze należy pamiętać o tym, że każda działalność człowieka wpływa na otaczającą nas przyrodę. Wydobywanie surowców kopalnych, emisja zanieczyszczeń do atmosfery, zanieczyszczenie wody, skła-

<sup>13</sup> źródło: [www.solarroadways.com/intro.shtml](http://www.solarroadways.com/intro.shtml); data dostępu: 02.12.2013r.

<sup>14</sup> j.w.



dowanie odpadów – to zaledwie kilka przykładów działalności, których negatywny wpływ na środowisko naturalne jest w zasadzie bezsporny. Dotychczasowe analizy dotyczące energetyki wiatrowej, czy też pozyskiwania energii słonecznej nie pozwalają na wydanie tak jednoznacznego sądu w tym zakresie. Biorąc pod uwagę zapowiedzi na przyszłość [11, 12], to przy założeniu, że nawierzchnie dróg pokryte panelami solarnymi będą produkować energię i ciepło, silniki samochodów będą ładowane energią pozyskaną z nawierzchni drogi oraz dzięki wykorzystaniu obiektów budownictwa komunikacyjnego do pozyskania energii odnawialnej - nie będzie konieczności zajmowania nowych terenów biologicznie czynnych na potrzeby pozyskiwania energii – okazuje się, że budownictwo komunikacyjne może stać się jednym z bardziej ekologicznych gałęzi gospodarki.

## Literatura

- [1] Klugmann – Radziemska E. *Rozwój technologii fotowoltaicznych na świecie w dobie ogólnoświatowego kryzysu*. Warszawa, 2010.
- [2] Rozporządzenie z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. Nr 213 poz. 1397 z późniejszymi zmianami).
- [3] GLOBEnergia, 2012. *Energia słoneczna – czysta forma produkcji energii*.
- [4] Band W., Madders M., Whitfield D.P. 2007. *Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms*. [W:] De Lucas M, Janss G.F.E. & Ferrer M. (eds). *Birds and Windfarms: Risk Assessment and Mitigation*. Quercus, Madrid. s. 259-275.
- [5] Muneer T., Asif M., Munawwar S. *Sustainable production of solar electricity with particular reference to the Indian economy*. *Renewable Sustainable Energy Review*, 2005, vol. 9, s. 443-473.
- [6] PSEW (2008). *Wytyczne w zakresie oceny oddziaływania elektrowni wiatrowych na ptaki*, Szczecin.
- [7] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Ekologiczne uwarunkowania budowy mostów*. VI Krajowa Konf. Estetyka Mostów. Warszawa – Jachranka, IDiM Politechniki Warszawskiej, ZMRP O/Warszawa, 2008, s. 111-118.
- [8] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Obiekt mostowy jako nieinwazyjna ingerencja inżynierska w środowisko naturalne*. Międzynarodowa Konf. Nauk.-Techn. Ochrona Środowiska i Estetyka a Rozwój Infrastruktury Drogowej. Kazimierz Dolny, 2009. SliTK, Lublin, 2009, s. 191-201.
- [9] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Obiekt mostowy w układach komunikacyjnych – bariera ekologiczna czy narzędzie ochrony środowiska?* 53 Konf. Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Białystok – Krynica, 2007 r., s. 115-122.
- [10] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Proekologiczne rozwiązania obiektów mostowych*. V Ogólnopolska Konf. Mostowców „Konstrukcja i Wyposażenie Mostów”, Wiśła 2008.
- [11] Leniak-Tomczyk A., Łagoda G. *Środowiskowe uwarunkowania realizacji inwestycji drogowych w Polsce*. Drogi i Mosty Nr 2/2010, IBDiM, Warszawa 2010.
- [12] Dyrektywa 2009/28/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [13] Dyrektywa 2012/27/UW Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.

## **The viaduct In Calabria as an example of innovative solutions in construction of transport infrastructure**

**Anna Leniak-Tomczyk<sup>1</sup>, Grażyna Łagoda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*DrogMost Lubelski Sp. z o.o. [Ltd.], ul. Wrotkowska 1b, 20-469 Lublin,  
e-mail: anna.lt@drogmost.pl*

<sup>2</sup>*Institute of Roads and Bridges, Faculty of Civil Engineering, Warsaw University of Technology,  
e-mail: g.lagoda@il.pw.edu.pl*

**Abstract:** The current legal regulations in the EU and in the world force us to seek new solutions in design and construction of transport infrastructure structure-solutions which comply with the environmental protection rules while being economically justified. The article includes an analysis of innovative solutions in design and construction of transport infrastructure structures in the world using as an example the plans of reconstruction and modernization of a viaduct along A3 highway in Calabria(Italy).

**Keywords:** innovation, transport infrastructure, viaduct, environmental, renewable energy.