

dr Wiktor Jasiński*
mgr inż. Marcin Motylski**

Geotermalne ogrzewanie nawierzchni mostu B 208 na kanale Elba – Lubeka w Berkenthin

Geothermal heating of bridge No. B 208 across Elbe-Lübeck Canal in Berkenthin

Obiekty mostowe zlokalizowane w specyficznych warunkach geograficzno-klimatycznych są narażone szczególnie w okresie późnej jesieni i wczesnej wiosny na niekorzystne zjawiska atmosferyczne, np. gołoledź. Miejsca te stanowią szczególne zagrożenie dla bezpieczeństwa kierujących pojazdami, zwłaszcza użytkowników samochodów ciężarowych, których masa powoduje szybszą utratę przyczepności. Wypadki drogowe powstałe w ten sposób stanowią przede wszystkim zagrożenie dla życia ludzi i powodują często uszkodzenie konstrukcji obiektu. Wynikające z tego straty liczone są w tysiącach złotych, a życia ludzkiego nie da się oszacować. Dodatkowo ryzyko wystąpienia tych zjawisk zwiększa koszty utrzymania obiektów. **W artykule przedstawimy przykład pilotażowego zastosowania systemu geotermalnego z rur PE-Xa do ogrzewania nawierzchni mostu B 208 w Berkenthin w Niemczech** (fotografia 1). Most ten zlokalizowany jest nad kanałem żeglownym Elba – Lubeka, łączącym dwa akweny żeglugi śródlądowej na terenie Niemiec.



Fot. 1. Obiekt mostowy B 208 w miejscowości Berkenthin (M. Motylski)

* Instytut Badawczy Dróg i Mostów – Filia Wrocław
** REHAU Sp. z o.o.

W 1900 r. nad kanałem wybudowano most stalowy ze służą żeglowną, który w obecnej dobie rozwoju transportu nie spełniał wymagań dotyczących nośności oraz przepustowości pojazdów samochodowych. Dodatkowo niekorzystne warunki klimatyczne powodowały, że w Berkenthin gołoledź występowała do 49 dni w roku. Gołoledź była w wielu przypadkach przyczyną wypadków drogowych wraz z ofiarami w ludziach. W związku z tym w 2006 r. Niemiecki Zarząd Dróg z siedzibą w Lubecie rozpoczął analizy i studia wykonalności remontu mostu w Berkenthin z zastosowaniem ogrzewania nawierzchni obiektu mostowego z wykorzystaniem pali energetycznych. Przeanalizowano m.in.:

- możliwość modernizacji obiektu i dopasowanie go do nowatorskiego systemu wykorzystywania ciepła geotermalnego lub budowę nowego obiektu;
- warunki geologiczne i hydrogeologiczne w okolicy mostu;
- możliwe systemy fundamentowania obiektu wraz z ich geotermalnym wykorzystaniem;
- zastosowanie geotermalnego systemu ogrzewania nawierzchni mostu z wykorzystaniem pali energetycznych, sond głębinowych długości 100 m oraz systemu studni geotermalnej w oparciu o wodę gruntową.

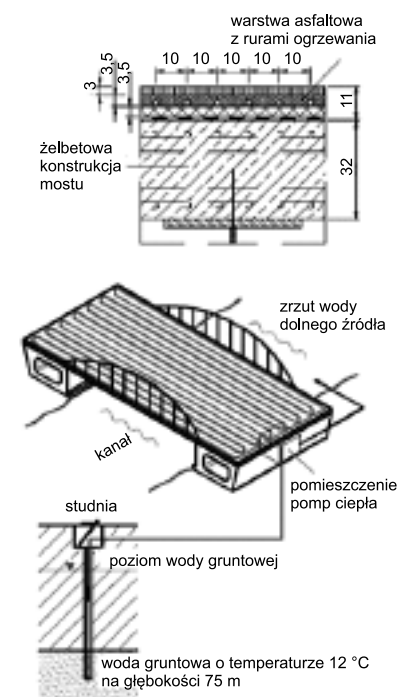
Charakterystyka geotermalnego systemu ogrzewania nawierzchni

Po przeprowadzonych analizach zdecydowano się na budowę nowego obiektu mostowego wyposażonego w system ogrzewania nawierzchni z pompą ciepła (wodę pozyskiwano ze studni głębinowej). Całą instalację, ze względu na jej pilotażowy charakter,

wyposażono w stację pogodową z oddzielną aparaturą kontrolno-pomiarową, która miała za zadanie dokonywać ciągłego pomiaru klimatu oraz umożliwić wielowariantowe sterowanie ogrzewaniem nawierzchni na obiekcie zarówno do celów eksploatacyjnych, jak i naukowo-badawczych.

W wyniku wykonanych prac projektowych pod kierunkiem inż. **Klausa-Urlicha Mackerta**, w 2008 r. zaprojektowano system geotermalnego ogrzewania nawierzchni mostu, w którym zastosowano (rysunek):

- studnię głębinową jako dolne źródło do pompy ciepła o głębokości 75 m;
- układ pompy ciepła o mocy 135 kW wraz z naczyniami wyrównawczymi, pompami i wymiennikami ciepła;



Schemat ideowy ogrzewania geotermalnego mostu w Berkenthin [1]

– system sterowania i regulacji z zewnętrznymi czujnikami pomiarowymi, aparaturą pomiarową, stacją pogodową wraz ze specjalnym oprogramowaniem sterującym;

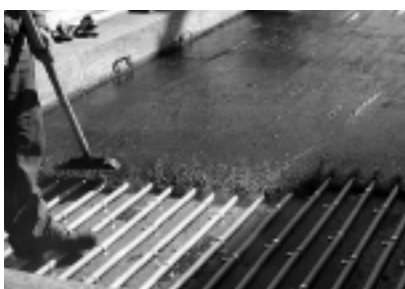
– układ ogrzewania nawierzchni mostu zbudowany z 46 obwodów rurowych połączonych przez układ studni podłączeniowych i rur preizolowanych tranzytowo-podłączeniowych.

Rura PE-Xa do zabudowy w nawierzchni asfaltowej

W związku z realizacją tego innowacyjnego projektu Biuro Projektowe H.S.W. z Rostoka wraz z Niemieckim Zarządem Dróg z Lubeki poszukiwało materiału na rurę z tworzywa sztucznego, który zapewniłby właściwe regulowanie temperatury nawierzchni asfaltowej. Jednocześnie istotna była odporność tworzywa sztucznego na montaż przy temperaturze mieszanki mineralno-asfaltowej do 240 °C. Po wielu analizach na potrzeby projektu opracowano specjalny rodzaj przewodu z tworzywa sztucznego. Użyto rury wielowarstwowej z polietylenu sieciowanego PE-Xa wraz z płaszczem aluminiowym oraz specjalną powłoką ochronną, średnicy DN 25 x 2,3 mm. Rurę pokryto specjalną mieszanką gwarantującą odporność w wysokiej temperaturze montażu. Jednocześnie zastosowana mieszanka stanowiła warstwę szczepną między warstwą asfaltu twardolanego a zewnętrzną powłoką rury.

W celach kontrolnych na poligonie badawczym na powierzchni ok. 10 m² ułożono rury PE-Xa i zalano je mieszanką asfaltu twardolanego. Do podłoża rury przytwierdzono za pomocą specjalnych uchwytów mocujących zapewniających solidne zamocowanie przy braku zwiększenia naprężeń w warstwie hydroizolacyjnej obiektu mostowego. Uzyskanie tego efektu było możliwe po wnikliwych badaniach i analizach próbek różnych mieszanek mineralno-asfaltowych. Przyjęto następujący układ warstw:

- 3,0 cm wierzchniej warstwy ściernalnej MA 0/8S;
- 4,5 cm warstwy asfaltu twardolanego MA 0/5S wraz z rurami ogrzewania – PE-Xa;
- 3,5 cm warstwy hydroizolującej MA 0/8S;
- płyta pomostowa.



Fot. 2. Montaż instalacji ogrzewania w nawierzchni mostu w Berkenthin [1]

(M. Motylski)

Rury PE-Xa łącznej długości 6300 m ułożono w 46 obwodach o długości 140 m (fotografia 2), w rozstawie 10 cm na powierzchni 600 m². Do zamocowania rur grzewczych użyto ok. 18 700 uchwytów mocujących. Rury podłączono do 12 studni kolektorowych. Następnie rurami tranzytowymi preizolowanymi PE-Xa DN 90/162 x 8,2 mm (fotografia 3)



Fot. 3. Instalacja przesyłowa z rur preizolowanych

(M. Motylski)

instalacja została podłączona do pomieszczenia z pompami ciepła znajdującego się w jednym z przyczółków mostu. Instalację ogrzewania geotermalnego napełniono roztworem glikolu i poddano próbie ciśnieniowej. Zabudowana w ten sposób instalacja pozwalała na utrzymanie temperatury nawierzchni mostu powyżej 0 °C.

Stacja pomp ciepła

Na potrzeby projektu wykonano specjalne pomieszczenie, w którym umieszczono stację pomp ciepła (fotografia 4) składającą się z:

- studni głębinowej średnicy DN 200 mm i głębokości 75 m, która stanowi dolne źródło do pompy ciepła;
- rozdzielaczy zbiorczych zbierających przewody DN 90 ze studni kolektorowych;
- dwóch zbiorników wyrównawczych o pojemności 500 l wraz z zaworami równoważącymi;
- pompy ciepła WWP S 130l o mocy 135 kW o wymiarach 1,3 m x 0,79 m x 1,85 m;
- płytowego wymiennika ciepła wraz z zasilającym przewodem ze studni głębinowej;
- szafy sterowniczej wraz z systemem sterowania i regulacji.

Dla całego układu pomp ciepła została wykonana dodatkowo instalacja klimatyzacyjna i wentylacyjna w celu zapewnienia optymalnych warunków pracy urządzeń. Projekt węzła stacji pompy ciepła opracowała specjalistyczna firma, która jednocześnie zapewniła fachowy serwis po uruchomieniu urządzeń wraz z ich odpowiedzialną obsługą. Na obiekcie zainstalowano 4 sekcje pomiarowe, a czujniki pomiaru temperatury umieszczono we wszystkich warstwach nawierzchni obiektu mostowego. Dodatkowo za pomocą czujników sensorowych badano tem-



Fot. 4. Stacja pomp ciepła

(M. Motylski)

peraturę powierzchni oraz nawierzchni mostu (rysunek 2, tabela). W okolicy studni źródła dolnego zainstalowano stację pogodową mierzącą temperaturę zewnętrzną, wilgotność powietrza, prędkość wiatru i ciśnienie atmosferyczne. Rejestrowanych jest ok. 34 danych na sekundę. Tysiące danych pomiarowych rejestrowanych jest na serwerach zlokalizowanych w budynku gminy znajdującym się 200 m od obiektu mostowego.

Wartości graniczne sterowania instalacją geotermalnego ogrzewania nawierzchni obiektu mostowego to:

- temperatura włączenia instalacji ogrzewania $T_{nawierzchni} \leq +3^{\circ}\text{C}$;

- temperatura wyłączenia instalacji ogrzewania $T_{nawierzchni} \geq +4^{\circ}\text{C}$;
- temperatura włączenia instalacji chłodzenia $T_{nawierzchni} \leq +50^{\circ}\text{C}$;
- temperatura wyłączenia instalacji chłodzenia $T_{nawierzchni} \geq +45^{\circ}\text{C}$.

Wnioski

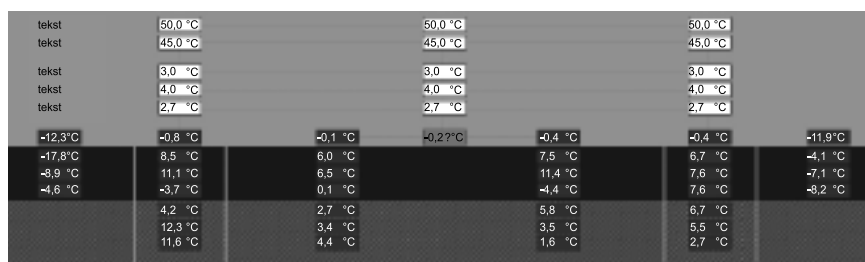
Instalacja geotermalnego ogrzewania nawierzchni obiektu mostowego w Berkenthin pracuje od 2011 r. Do tej pory wielokrotnie sprawdziła się w warunkach gołoledzi przy jednoczesnym zapewnieniu stałego ogrzewania nawierzchni mostu.

Można sformułować następujące wnioski:

- uzyskanie dodatniej temperatury nawierzchni mostów wymaga stosowania rozstawu rur min. 10 cm;
- wymagane jest, aby temperatura zasilania medium przesyłowego wynosiła min. $+15^{\circ}\text{C}$, przy zmierzonoj temperaturze powrotu z instalacji $+6^{\circ}\text{C}$;
- jako medium przesyłowe zaleca się stosowanie mieszanki glikolowej.

W instalacji geotermalnego ogrzewania dużych powierzchni występuje zazwyczaj bezwładność czasowa wynosząca ok. 2 h, która jest charakterystyczna dla ogrzewań płaszczyznowych. Bezwładność ta oraz dodatkowe utrudnienia spowodowane m.in. silnie wiejącym wiatrem mogą obniżyć temperaturę nawierzchni o dodatkowe 7°C .

Od momentu zainstalowania ogrzewania geotermalnego na moście nie wydarzył się żaden wypadek drogowy spowodowany m.in. gołoledzią. Ciągłe monitorowanie warunków klimatycznych i ich analiza pozwala na zdobycie coraz większej liczby danych, które w przyszłości przyczynią się do opracowania diagramu analitycznego optymalizującego warunki funkcjonowania systemu grzewczego nawierzchni obiektów mostowych. Bardzo istotnym aspektem zwiększającym trwałość nawierzchni mostowej i zabezpieczającym ją przed nadmiernym koleinowaniem jest możliwość ochładzania nawierzchni w okresie letnim.



Rys. 2. Temperatura w poszczególnych warstwach nawierzchni i płyty pomostowej zmierzona 31.01.2012 r. [2]

Zestawienie temperatury w poszczególnych warstwach nawierzchni i płyty pomostowej w czasie pracy instalacji ogrzewania geotermalnego 31.01.2012 r. [2]

Rodzaj punktu pomiarowego	Nawierzchnia drogi [przyczółek lewy]	Przyczółek mostu [lewy]	Most [strona lewa]	Most [strona prawa]	Przyczółek mostu [prawy]	Nawierzchnia drogi [przyczółek prawy]
Temperatura powietrza zewnętrznego [°C]	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0	-9,0
Temperatura zasilania instalacji geotermalnej [°C]	-	15	15	15	15	-
Temperatura powrotu instalacji geotermalnej [°C]	-	6	6	6	6	-
Temperatura nawierzchni [°C]	-12,3	-0,8	-0,1	-0,4	-0,4	-11,9
Temperatura warstwy asfaltowej -3,5 cm p.p.t. [°C]	-7,8	8,5	6,0	7,5	6,7	-4,1
Temperatura warstwy asfaltowej -6,5 cm p.p.t. [°C]	-6,9	11,1	6,5	11,4	7,6	-7,1
Temperatura warstwy asfaltowej -11,0 cm p.p.t. [°C]	-4,6	-3,7	0,1	-4,4	7,6	-8,2
Temperatura warstwy betonowej -16,0 cm p.p.t. [°C]	-	4,2	2,7	5,8	6,7	-
Temperatura warstwy betonowej -24,0 cm p.p.t. [°C]	-	12,3	3,4	3,5	5,5	-
Temperatura warstwy betonowej -30,0 cm p.p.t. [°C]	-	11,6	4,4	1,6	2,7	-

Streszczenie

W artykule przedstawiono przykład pilotażowego zastosowania systemu geotermalnego ogrzewania nawierzchni obiektu mostowego z zastosowaniem rur PE-Xa w miejscowości Berkenthin w Niemczech.

Abstract

This article describes a pilot installation of geothermal bridge heating system located in Berkenthin, Germany in which PE-Xa pipes were used.

Literatura

[1] Klaus-Ulrich Mackert „Die Breucke In Berkenthin (Landkreis Herzogtum Lauenburg) als Geothermie-Pilotprojekt” Artykuł prasowy Strasse und Autobahn 02.2012.

[2] Klaus-Ulrich Mackert, Erneuerung der Kanalbrücke Berkenthin Pilotprojekt: „Nutzung von Erdwaerme zur Temperierung der Fahrbahntafel”. Prezentacja z dnia 22.02.2012.