

## MODERNIZACJA KOTŁOWNI OLEJOWEJ NA KOTŁOWNIĘ SPALAJĄCĄ EKOGROSZEK W POŁĄCZENIU Z NIEKONWENCJONALNYM ŹRÓDŁEM CIEPŁA

Paulina ANCHIM<sup>a</sup>, Joanna PIOTROWSKA-WORONIAK<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>student, Politechnika Białostocka, Inżynieria Środowiska V rok

<sup>b</sup>Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono sposób zamiany istniejącej wyeksploatowanej kotłowni olejowej na kotłownię na ekogroszek z wykorzystaniem niekonwencjonalnych źródeł ciepła (kolektorów słonecznych i pompy ciepła) w celu obniżenia kosztów wytwarzania energii cieplnej w domu jednorodzinny. Rozważono dwa warianty modernizacji kotłowni olejowej. W wariantcie I przyjęto rozwiązanie technologiczne kotłowni na ekogroszek współpracującej z kolektorami słonecznymi wspomagającymi podgrzewanie c.w.u. w budynku, zaś w wariantcie II przyjęto rozwiązanie technologiczne kotłowni na ekogroszek, ale współpracującej z pompą ciepła, w układzie bivalentnym, wspomagającym centralne ogrzewanie. Przedstawiono koszt wykonania zaproponowanego przedsięwzięcia modernizacyjnego i roczne oszczędności.

*Słowa kluczowe:* ekogroszek, kolektory słoneczne, pompa ciepła, koszty, modernizacja kotłowni, roczne oszczędności.

### 1. Wstęp

Coraz większym zainteresowaniem w Polsce cieszą się niekonwencjonalne źródła ciepła. Jest to wpływ po części medialnego nacisku na ochronę otaczającej nas przyrody i dbałość o minimalizację zanieczyszczeń. Dotyczy to odpadów stałych w kotłowni, takich jak: popiół, żużel, sadza z komina; ciekłych: powstający kondensat, nieczystości powstające w trakcie płukania/mycia kotła/kotłowni oraz gazowych: gazy emitowane przez komin: CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, związki siarki, i inne, opary i ulatnianie się paliw z przecieków. Po wtóre: ludzie chcąc oszczędzać (w formie niższych rachunków) sami przekonują się, że lepiej jest raz zainwestować więcej i potem mieć niższe koszty eksploatacyjne.

Ale ceny niekonwencjonalnych źródeł ciepła nadal skutecznie odstrasza.

W artykule przedstawiono i porównano dwa niekonwencjonalne źródła ciepła wspomagające kocioł konwencjonalny opalany ekogroszkiem. W wariantcie I – wykorzystano kolektory słoneczne, zaś w wariantcie II – pompę ciepła.

### 2. Charakterystyka paliw

#### 2.1. Energia słońca

Do wspomagania centralnego ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody użytkowej warto wykorzystać energię słoneczną, gdyż woda nawet podgrzana o parę stopni to korzyści ekonomiczne.

Słońce emituje na Ziemię promieniowanie bezpośrednie - jest to tzw. nasłonecznienie oraz pośrednie, stała słoneczna, która uległa odbiciu i zostaje pochłonięta przez cząsteczki gazów i pyłów, a następnie przez nie wyemitowana. Wynika, że gdy nad kolektorami słonecznymi wiszą chmury to, są one również zasilane promieniami odbitymi i wyemitowanymi, dlatego zachmurzenie krótkotrwałe nie wpływa negatywnie na pracę kolektorów. Niewątpliwie na pracę kolektorów ma wpływ: temperatura powietrza zewnętrznego, pora roku (kąt padania promieni słonecznych i długość dnia - okres wiosenno-letni -  $\frac{3}{4}$  rocznego promieniowania (Drzazga, 2007) oraz położenie geograficzne.

W Polsce najefektywniejsze są rejony pasa nadmorskiego (warto zauważyć, że są tu duże ilości promieni odbitych od tafli wody). Najmniej korzystne natomiast są tereny uprzemysłowione Śląska.

Zalety: Słońce to bezpłatna niewyczerpywalna energia,

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: asia@pb.bialystok.pl

czysta, nie mająca negatywnego wpływu na środowisko. Jej wykorzystanie nie pociąga za sobą produkcji dwutlenku węgla, nie zanieczyszcza otoczenia. Optymalnie dobrana instalacja solarna pozwala zaoszczędzić rocznie średnio 70% kosztów ogrzania wody i 15-30% kosztów ogrzania budynku (Drzazga, 2007).

Wady: W Polsce w okresie jesienno-wiosennym mamy tylko  $\frac{1}{4}$  rocznego promieniowania. Z tego względu w naszych warunkach system solarny nie jest w stanie w pełni pokryć całorocznego zapotrzebowania na c.w.u. i c.o. Koniecznym jest brakującą część energii pozyskiwać ze źródeł konwencjonalnych.

## 2.2. Energia z wnętrza Ziemi

Energia z wnętrza ziemi jest alternatywnym wyjściem dla tradycyjnych rozwiązań. Źródłem energii może być grunt, woda, powietrze. Temperatury tych źródeł zależą od ich rodzajów (najwyższe temperatury uzyskamy w studniach głębinowych, następnie studniach gruntowych, gruntach wilgotnych, zbiornikach powierzchniowych, a najniekorzystniejsze jest pozyskiwanie ciepła z powietrza) i pory roku (wydajność grzejna pomp ciepła jest o tyle mniejsza, o ile jest niższa temperatura powietrza). Im głębiej posadowiony wymiennik niskotemperaturowy, tym wyższą temperaturę uzyskujemy, a co za tym idzie wyższe efektywności i mniejsze wahania temperatury (Lewandowski, 2001).

Zalety: Energia ta jest bezpłatna, czysta i niewyczerpywalna.

Wady: Brak wiedzy jaki wpływ na środowisko ma długoterminowe wykorzystywanie wymiennika gruntowego, wodnego, powietrznego. Przy szczytowym zapotrzebowaniu na moc cieplną może okazać się, że energia cieplna pobierana z naturalnych źródeł dolnych jest niewystarczająca i powinna być wspierana dodatkowym konwencjonalnym źródłem ciepła.

## 3. Charakterystyka źródeł ciepła

### 3.1. Kolektory słoneczne

Montaż: Kolektory montuje się w najbardziej nasłonecznionym miejscu, najczęściej jest to dach, ale może być również elewacja budynku lub na powierzchni gruntu na specjalnych stelażach. Najlepsze efekty pozyskiwania ciepła mają kolektory ustawione prostopadle do padania promieni słonecznych w kierunku południowym. W Polsce kolektory słoneczne są wykorzystywane do podgrzewu ciepłej wody i czasami do wspomaganie c.o., nigdy nie są samodzielną instalacją.

Konstrukcje: Typowy kolektor słoneczny składa się z: absorbera, osłony, izolacji, instalacji z armaturą (układ pompowy), układu regulacji, obudowy i konstrukcji nośnej. Koniecznym jest również wyposażenie instalacji w zbiornik magazynujący wodę podgrzaną, który dobiera się ze względu na dobowe zapotrzebowanie na wodę danego odbiorcy. Kolektory mogą być płaskie bądź

rurowe, próżniowe, cieczkowe, gazowe, mieszane (Pluta, 2007).

Konserwacja: Serwisu może jedynie dokonywać specjalistyczna firma.

Zalety: Kolektory słoneczne korzystają z darmowego promieniowania słonecznego docierającego na powierzchnię ziemi. Nie ingerują w środowisko naturalne, istnieje możliwość łączenia kolektorów w baterie łączone szeregowo lub równoległe i możliwość tworzenia układów hybrydowych z pompą ciepła (parownik pompy ciepła znajduje się bezpośrednio w kolektorze słonecznym). Systemy solarne są dostępne na rynku w pakietach, dzięki czemu kupujący nie musi dobierać poszczególnych jego elementów.

Wady: Wraz z większą różnicą temperatury czynnika na wylocie z kolektora i temperaturą otoczenia generowane są większe straty ciepła. Uzależnienie od promieniowania słonecznego, przy dużym zachmurzeniu małe wykorzystanie. Konieczność czyszczenia powierzchni kolektora – zakurzony ma niższą sprawność. Koszt zestawu kolektorów słonecznych przeznaczonych dla 5 osobowej rodziny wynosi od 7 695 do 23 980 zł w zależności od producenta. Sprawność kolektorów słonecznych wynosi od 75% do 85% sprawność zmienia się w zależności do natężenia promieniowania i różnicy temperatur w stosunku do otoczenia. Przykładowy zestaw solarny z 2 kolektorami firmy Hoval wynosi 13 000 zł brutto (Katalog firmy Homal, 2009).

### 3.2. Pompa ciepła

Montaż: Sama pompa ciepła jest niewielkich gabarytów i nie zajmuje wiele miejsca w kotłowni. Jednakże, aby pompa ciepła mogła działać konieczne jest źródło ciepła niskoparametrowe, jakim jest wymiennik umiejscowiony w gruncie, wodzie lub powietrzu.

Konstrukcje: Pompa ciepła składa się z takich podstawowych części jak: sprężarka, dwa wymienniki ciepła: skraplacz i parownik oraz zawór rozprężny. Stroną niskoparametrową jest wymiennik, który może być zbudowany z kolektora poziomego lub pionowego.

Zalety: Pompy ciepła korzystają z zasobów cieplnych ziemi. Umożliwiają przemianę ciepła o niskiej temperaturze w ciepło o wysokiej temperaturze. Dzięki tym urządzeniom właściciel może zaoszczędzić połowę kosztów eksploatacyjnych w porównaniu do kotłów gazowych czy olejowych. Charakteryzują się niewielkim poborem energii elektrycznej, tylko do napędu sprężarki i pompy obiegu czynnika w pompie ciepła. Pracuje bez emisji jakichkolwiek substancji szkodliwych dla środowiska (Balcerowska, 2009).

Wady: Konieczność posiadania dużej działki, w przypadku zastosowania wymienników gruntowych poziomych. Bardzo wysoki koszt inwestycyjny zniechęcający społeczność polską. Brak dotacji i wsparcia projektu ze strony państwa. Zwrot kosztów po kilkunastu latach, a nie mamy jeszcze pewności co do żywotności tego rozwiązania. W warunkach jakie panują w Polsce, (czyli ostre zimy) pompa ciepła nie powinna być jedynym

źródłem energii cieplnej budynku, co podraża koszty inwestycyjne. Wymiennik gruntowy powinien być instalowany poniżej głębokości zamarzania gruntu, co również podraża koszty inwestycyjne. Niemożność wykorzystania gruntu, pod którym umiejscowiony jest wymiennik gruntowy. Koszt pompy ciepła o mocy grzewczej 20 kW wynosi od 35 214 do 44 000 zł w zależności od producenta pompy. Sprawność pomp ciepła waha się od COP = 3,0 do COP = 6,0. Przykładowy koszt pompy ciepła bez oprzyrządowania firmy Hoval wynosi 33 000 zł brutto.

#### 4. Modernizacja kotłowni olejowej w domu jednorodzinnym

##### 4.1. Obiekt modernizacji

Modernizowana jest 20 letnia kotłownia w domu jednorodzinnym, generująca ogromne koszty eksploatacyjne i wymagająca w sezonie grzewczym częstych napraw. Projektowe obciążenie cieplne budynku 20 kW, zapotrzebowanie mocy na cele c.w.u. 9 kW. Powierzchnia domu: 170 m<sup>2</sup>. Powierzchnia działki: 400 m<sup>2</sup>, w tym pod zabudową 100 m<sup>2</sup>.

W opracowaniu rozpatrzone będą dwa warianty modernizacji istniejącej kotłowni olejowej, a mianowicie:

Wariant I: zastąpienie istniejącego kotła olejowego kotłem przystosowanym do spalania ekogroszku ze wspomaganie podgrzewu ciepłej wody użytkowej za pomocą kolektorów słonecznych.

Wariant II: zastąpienie istniejącego kotła olejowego pompą ciepła z wymiennikiem gruntowym, pracującą w układzie bivalentnym z kotłem przystosowanym do spalania ekogroszku.

##### 4.2. Wariant I modernizacji

Wspomaganie podgrzewu ciepłej wody użytkowej panelami solarnymi.

Pracę kotła na ekogroszek DEFRO KOMFORT EKO 15 kW wsparto systemem solarnym zaprojektowanym dla 5 osobowej rodziny. Zawartość pakietu obejmuje: 3 kolektory słoneczne Dietrisol ECO 2, podgrzewacz solarny S 400-2P, regulator solarny Diemasol A, haki dachowe, zestaw podłączeniowy kolektorów, naczynie wzbiorcze i zestaw pompowy do utrzymania stałego krążenia czynnika – glikolu w obiegu. Kolektory słoneczne umieszczono na dachu skierowanym na południową stronę, z pochyleniem 45°, co umożliwi optymalne padanie promieni słonecznych prostopadle do powierzchni absorbera. Latem kolektory pokrywać będą 100% zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową. Zimą natomiast pokryją 60% tegoż zapotrzebowania, co stanowić będzie około 5,4 kW mocy. Kotłownia z zestawem solarnym jest dwa razy droższa od wariantu pierwszego. Mimo to warto zainwestować już teraz w nowoczesność, gdyż słońce należy do „paliw” niewyczerpywalnych, a zastosowanie wysokiej jakości materiałów umożliwia uzyskanie optymalnego wykorzystania energii i wysokiej sprawności. W instalacji

wymieniono podgrzewacz ciepłej wody użytkowej na podgrzewacz z dwiema węzownicami (dolna solarna i górna kotłowa) dzięki czemu woda w tym podgrzewaczu może być podgrzewana z dwóch źródeł jednocześnie. Regulator solarny pozwala na precyzyjną obsługę i nastawę parametrów regulacji optymalnego działania instalacji solarnej. Część kotłową zaprojektowano, jak dla wariantu I, z wyjątkiem kotła, który przy wspomaganie kolektorów słonecznych może mieć teraz mniejszą moc grzewczą. Na rysunku 1 przedstawiono schemat technologiczny kotłowni opalanej ekogroszkiem wspomagającej podgrzew c.w.u. za pomocą kolektorów słonecznych.

##### 4.3. Wariant II modernizacji

Inwestor ma do dyspozycji działkę o powierzchni 300 m<sup>2</sup>, zostanie ona wykorzystana do ułożenia kolektora gruntowego, na głębokości 1,2 m. Zaproponowany układ wymaga dwóch zbiorników: zbiornika buforowego Hoval EnerVal 300, dla utrzymania odpowiedniego przepływu wody grzewczej, wyeliminowania częstego włączania i wyłączania się pompy ciepła Hoval Thermalia W10W35 typu 8P o mocy 10,5 kW, a także gromadzenia energii cieplnej oraz podgrzewacza ciepłej wody z dwiema węzownicami Hoval MultiVal ERR 300. W systemie tym konieczne są pompy wymuszające przepływy czynników dla pokonania oporów wszystkich urządzeń. Zaprojektowano trzy pompy 25P0r-40C LFP firmy Leszno i pompę WILO IL po stronie zimnej instalacji. Każdy obieg powinien być wyposażony w grupę bezpieczeństwa: naczynie wzbiorcze, zawór bezpieczeństwa, zawór zwrotny za pompą. Całość będzie sterowana wbudowanym w pompę ciepła regulatorem ciepła TopTronic T/N i regulatorem kotłowym. Część kotłową zaprojektowano, jak dla wariantu I z wyjątkiem kotła. Jest to jednak inwestycja niosąca za sobą ogromne koszty, które podraża zakup pompy ciepła.

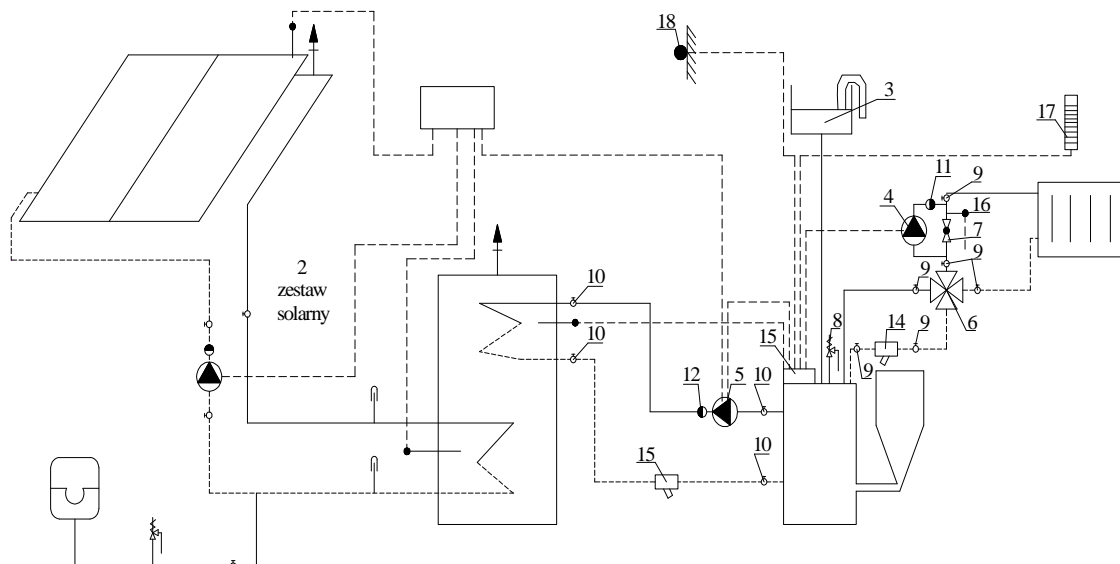
#### 5. Obliczenie nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych wariantów kotłowni

W tabeli 1 zestawiono nakłady inwestycyjne zaproponowanego przedsięwzięcia w ramach wariantu I, zaś w tabeli 2 zestawiono nakłady inwestycyjne zaproponowanego przedsięwzięcia w ramach wariantu II. Koszt urządzeń i armatury obliczono w oparciu o cenniki firm instalacyjnych.

#### 6. Zużycia paliwa w sezonie grzewczym

##### 6.1. Zużycie oleju opałowego lekkiego

W rozpatrywanym domu jednorodzinnym roczne zużycie oleju wynosiło 4 305 dm<sup>3</sup>/sezon grzewczy i 236 dm<sup>3</sup>/sezon letni. Koszty paliwa ponoszone przez właściciela z tytułu ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody



Rys. 1. Schemat kotłowni opalanej ekogroszkiem z systemem solarnym: 1 - kocioł, 2 - zestaw solarny, 3 - naczynie wyrównawcze otwarte, 4 - pompa obiegowa, 5 - pompa ładująca c.w.u., 6 - zawór czterodrogowy, 7 - zawór różnicowy, 8 - zawór bezpieczeństwa, 9 - zawór odcinający 1", 10 - zawór odcinający 1/2", 11 - zawór zwrotny 1", 12 - zawór zwrotny 1/2", 13 - filtr siatkowy 1", 14 - filtr siatkowy 1/2", 15 - regulator kotłowy, 16 - czujnik temperatury zasilającej, 17 - czujnik temperatury pokojowej, 18 - czujnik temperatury zewnętrznej

Tab. 1. Zestawienie nakładów inwestycyjnych kotłowni na ekogroszek z kolektorami słonecznymi

L.p.	Wyszczególnienie	Ilość [szt]	Cena jednostkowa [zł/szt]	Koszt całkowity [zł] z VAT -em
1	Kocioł c.o. DEFRO KOMFORT EKO 15 kW	1	6 346,00	6 346
2	Zestaw solarny Dietrisol Light 400-6	1	12 990,00	12 990
3	Naczynie wzbiorcze otwarte BASCO NW-15, o pojemności 15 litrów	1	65,30	65
4	Pompa obiegowa c.o.25P0r-40C LFP Leszno, wysokość podnoszenia do 4m	1	315,00	315
5	Pompa ładująca c.w.u.25P0r-40C LFP Leszno, wysokość podnoszenia do 4m	1	315,00	315
6	Zawór czterodrogowy mieszający, WOMIX 1" DN25 FV + siłownik WOMIX MP 06	1+1	419,0	419
7	Zawór różnicowy ZRCO DN-25 (1125)	1	20,60	21
8	Zawór bezpieczeństwa SYR 1915 1,5 bar	1	76,50	77
9	Zawór odcinający 1"	1	9,40	47
10	Zawór odcinający 1/2"	3	4,20	13
11	Zawór zwrotny 1"	1	8,30	8
12	Zawór zwrotny 1/2"	1	5,30	5
13	Filtr siatkowy MI-0, 1" , Infracorr	1	226,00	226
14	Filtr siatkowy MI-mini, 1/2", Infracorr	1	110,00	110
15	Regulator kotłowy RK-2006L	1	380,00	380
16	Czujnik temperatury wody zasilającej, zanurzeniowy KTY 81-210	1	31,00	31
17	Czujnik temperatury pokojowej CP-1	1	15,00	15
18	Czujnik temperatury zewnętrznej CZ-1	1	25,00	25
19	Przewody		860,40	860
RAZEM [M]:				22 268

Całkowite koszty nakładów inwestycyjnych zostały obliczone na podstawie „Zbioru jednostkowych wskaźników cenowych z zakresu budownictwa ogólnego, mieszkaniowego oraz przemysłowego” z zależności:

Materiały [M]	22 268 zł
Robocizna [R]= 20% [M]	4 454 zł
Koszty pośrednie [Kp]= 67% [R]	2 984 zł
Koszty zakupu [Kz]= 8% [M]	1 781 zł
Zysk [Z]= 12,6% [R i Kp]	937 zł
Prace demontażowe [Pd]= 25% [R]	516 zł
Wykonanie dokumentacji technicznej [Dt]	1 113 zł
Koszt całkowity wariantu I:	34 053 zł brutto

Tab. 2. Zestawienie nakładów inwestycyjnych kotłowni na ekogroszek z pompą ciepła i wymiennikiem gruntowym

Lp	Wyszczególnienie	Ilość [szt]	Cena jednostkowa [zł/szt]	Koszt całkowity [zł]
1	Kocioł c.o. DEFRO KOMFORT EKO 15 kW	1	6 346,00	6 346
2	Zbiornik buforowy Hoval EnerVal 300	1	2 188,00	2 188
3	Podgrzewacz wody z dwiema węzownicami Hoval MultiVal ERR 300	1	4 700,00	4 700
4	Pompa ciepła Hoval Thermalia W10W35 typu 8P	1	25 617,00	25 617
5	Naczynie wzbiorcze otwarte BASCO NW-15, o pojemności 15 litrów	1	65,30	65
6	Naczynie przeponowe Reflex NG140, 50 l	1	688,00	688
7	Naczynie przeponowe Reflex NG35, 35 l	3	182,00	546
8	Pompa 25P0r-40C LFP Leszno, wysokość podnoszenia do 4 m	3	315,00	945
9	Pompa strona zimna, pompa dławnicowa WILO IL	1	400,00	400
10	Zawór trójdrogowy mieszający, WOMIX 1" DN25 FV + siłownik WOMIX MP 06	3	231,30	694
11	Zawór różnicowy ZRCO DN-25 (1125)	1	20,60	21
12	Zawór bezpieczeństwa SYR 1915 1,5 bar	1	76,50	77
13	Grupa podłączenia naczynia wzbiorczego przeponowego	3	312,10	936
14	Zawory odcinające	22	5,60	123
15	Zawory zwrotne	4	6,20	25
16	Regulator kotłowy RK-2006L	1	380,00	380
17	Filtry siatkowe	4	226,00	904
18	Czujnik temperatury zanurzeniowy KTY 81-210	9	31,00	279
19	Czujnik temperatury pokojowej CP-1	1	15,00	15
20	Czujnik temperatury zewnętrznej CZ-1	1	25,00	25
21	Przewody wymiennika gruntowego, rura polietylenowa DN32x2,9, Wirsbo	440	3,00	1324
22	Przewody		1 376,60	1377
RAZEM [M]:				47 675

Całkowite koszty nakładów inwestycyjnych zostały obliczone na podstawie „Zbioru jednostkowych wskaźników cenowych z zakresu budownictwa ogólnego, mieszkaniowego oraz przemysłowego” z zależności:

Materiały [M]	47 675 zł
Robocizna [R]= 20%[M]	9 535 zł *
Koszty pośrednie [Kp]= 67%[R]	6 388 zł
Koszty zakupu [Kz]= 8%[M]	3 814 zł
Zysk [Z]= 12,6%[R i Kp]	2 006 zł
Prace demontażowe [Pd]= 25%[R]	516 zł
Wykonanie dokumentacji technicznej [Dt]	2 384 zł
Koszt całkowity wariantu II:	73 695 zł brutto

\* - nie uwzględniono kosztów wykonania wykopów

Tab. 3. Roczne oszczędności kosztów ogrzewania i ciepłej wody użytkowej z tytułu wprowadzenia źródeł niekonwencjonalnych

Paliwo	Wartość opała przyjeta do obliczeń [kJ/kg]	Cena [zł/kg]	Sprawność eksploatacyjna kotła [%]	Zużycie paliwa w sezonie grzewczym [kg/sezon]	Zużycie paliwa w sezonie letnim [kg/sezon]	Koszt paliwa w sezonie grzewczym [zł/sezon]	Koszt paliwa w sezonie letnim [zł/sezon]	Koszt roczny [zł/rok]	Roczne oszczędności [zł/rok]
Ekogroszek	26 000	0,60	78	7 489	411	4493	247	4 740	5 432
Ekogroszek z systemem solarnym	26 000	0,60	78	5 467	wykorzystanie energii ze źródeł	3280	0	3 280	6 892
Ekogroszek z pompą ciepła	26 000	0,60	78	3 557	niekonwencjonalnych	2134	0	2 134	8 038

użytkowej kotłowni olejowej wynosiły dotychczas 9 643 zł. Średni koszt zakupu paliwa przez właściciela budynku wyniósł 2,24 zł/dm<sup>3</sup>.

#### 6.2. Prognozowe wyliczenie zużycia ekogroszku przy wspomaganiu podgrzewu ciepłej wody energią słoneczną

Ponieważ dobór kolektorów słonecznych zapewniających 100% pokrycie zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową w ciągu całego roku jest inwestycją nieopłacalną, przyjęto że kolektory słoneczne w okresie letnim pokrywać będą około 100% zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową, zaś w okresie przejściowym około 60%. Moc jednostki kotłowej w domu jednorodzinnym wynosić będzie  $Q = 20 - (9 \cdot 0,6) = 14,6$  kW.

Zużycie ekogroszku w warunkach obliczeniowych kształtuje się na poziomie 5 467 kg/sezon grzewczy, po uwzględnieniu ceny jednostkowej, wynoszącej 0,60 zł koszt paliwa wyniesie 3 280 zł na rok i jest on o 1 460 zł niższy niż w kotłowni, w której nie ma wspomaganie c.w.u. za pomocą kolektorów słonecznych. Do obliczeń nie był brany pod uwagę wzrost ceny paliwa – ekogroszku.

#### 6.3. Prognozowe zużycie ekogroszku przy wspomaganiu centralnego ogrzewania za pomocą pompy ciepła

Zaprojektowana pompa ciepła o mocy 10,5 kW pozwala na dobór kotła na ekogroszek pracującego w układzie biwalentnym, znacznie mniejszego, niż miało to miejsce w wariantcie I, bo o mocy cieplnej około 9,5 kW. W tym wypadku zużycie ekogroszku w warunkach obliczeniowych kształtuje się na poziomie 3 557 kg/sezon grzewczy. Po uwzględnieniu ceny jednostkowej, wynoszącej 0,60 zł koszt paliwa wyniesie 2 134 zł na rok. Koszt ten jest mniejszy w porównaniu z taką samą kotłownią, ale bez pompy ciepła o 2 606 zł. Mniejszy jest także w porównaniu z kotłownią na ekogroszek współpracującą z kolektorami słonecznymi o 1 146 zł.

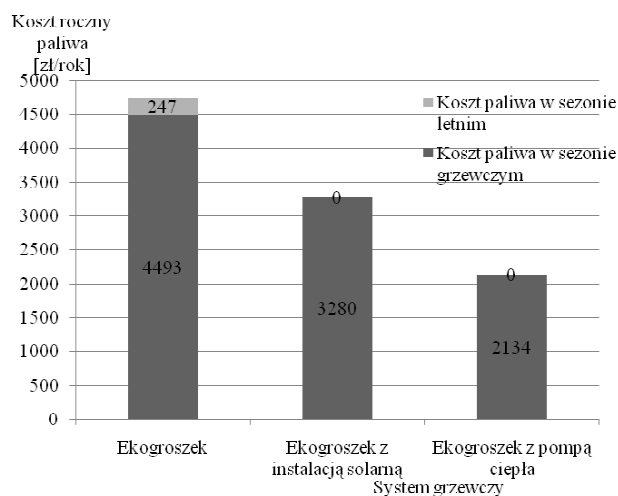
#### 6.4. Zestawienie otrzymanych wyników

W tabeli 3 przedstawiono koszty paliwa, jakie ponosiłby właściciel domu jednorodzinnego w sezonie grzewczym na cele c.o. i c.w.u., przy ogrzewaniu budynku w sposób tradycyjny za pomocą kotłowni na ekogroszek; przy wykorzystaniu kolektorów słonecznych do podgrzewu ciepłej wody użytkowej oraz przy wykorzystaniu pomp ciepła do centralnego ogrzewania w układzie biwalentnym z kotłem na ekogroszek. W tabeli 3 zamieszczone zostały także roczne oszczędności w obu wariantach z wykorzystaniem źródeł niekonwencjonalnych w kotłowni na ekogroszek oraz oszczędność rocznych kosztów w przypadku zamiany kotłowni olejowej na kotłownię spalającą tylko ekogroszek.

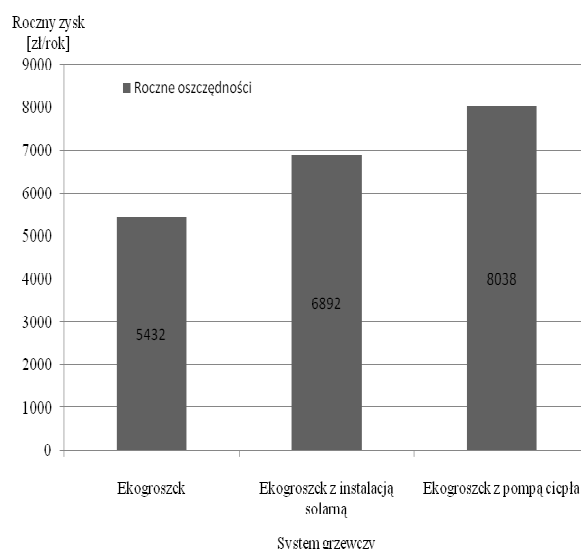
#### 6.5. Porównanie rocznych kosztów zużycia paliwa

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie prognozowych rocznych kosztów zużycia paliwa, jakie należałoby ponieść w domu jednorodzinnym na cele grzewcze i podgrzew ciepłej wody użytkowej w 5 osobowej rodzinie, w przypadku kotłowni spalającej ekogroszek współpracującej z kolektorami słonecznymi oraz kotłowni na ekogroszek, ale współpracującej z pompami ciepła. Przedstawiono także koszty, jakie należy ponieść na cele grzewcze i cele c.w.u. w kotłowni opalanej wyłącznie ekogroszkiem.

Na rysunku 4 przedstawiono natomiast roczne oszczędności, jakie może osiągnąć właściciel domu jednorodzinnego rozbudowując kotłownię spalającą wyłącznie ekogroszek, o źródła niekonwencjonalne, w tym przypadku instalację solarną i pompę ciepła.



Rys. 3. Roczny koszt zużycia paliwa na cele c.o. i c.w.u. przy zastosowaniu źródeł niekonwencjonalnych



Rys. 4. Roczna oszczędność kosztów z tytułu ogrzewania i podgrzewu c.w.u. przy rozbudowie kotłowni na ekogroszek, w wariantcie I o instalację solarną, w wariantcie II – o pompę ciepła

## 7. Podsumowanie i wnioski

Po wykonaniu systemu grzewczego według wariantu I właściciel domu każdego roku oszczędzałby około 6 892 zł na paliwie stałym za sprawą zainstalowanego systemu solarnego. Dzięki temu całkowity nakład inwestycyjny nowej kotłowni z instalacją „słoneczną” zwróciłby się już po niecałych pięciu latach.

Inwestor w celu maksymalizacji oszczędności może skorzystać z wariantu II, a mianowicie ze wspomaganie pracy kotła pompą ciepła. W tym przypadku roczny zysk wyniósłby około 8 038 zł. A nakład inwestycyjny tegoż wariantu zwróciłby się po dziewięciu latach i dwóch miesiącach.

Jak widać obie opcje są bardzo kosztowne i wymagają zamrożenia sporych kwot pieniędzy na parę lat. Jednakże z upływem czasu ceny paliw kopalnianych mogą wzrosnąć, i wtedy to nakłady inwestycyjne w szybszym tempie ulegną zwrotowi.

### Literatura

- Balcerowska M. (2009). Instalacje grzewcze poradnik. *Login Media Sp. z o. o.*, Warszawa 2009.  
Drzazga E. (2007). Ciepło ze słońca. *Instalacje*, 1/2007.

Lewandowski W. M. (2001). Proekologiczne odnawialne źródła energii. *Wydawnictwo Naukowo- Techniczne*, Warszawa 2001.

Pluta Z. (2007). Słoneczne instalacje energetyczne. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa 2007.

Katalog firmy Hoval (2009).

### THE REPLACEMENT OF THE OIL-FIRED BOILER ROOM BY THE “ECO SMALL COAL”-FIRED ONE SUPPORTED BY THE UNCONVENTIONAL HEAT SOURCE

**Abstract:** The paper aim is to demonstrate the replacement of the existing oil-fired boiler by the “eco small coal”-fired one supported by the unconventional sources (solar collectors and heat pumps) to reduce the costs of heat generation in the single-family house. Two options of the modernization were taken under consideration. In the variant I the “eco small coal”-fired boiler works with the solar collectors supporting warm water heating, while in variant II the “eco small coal”-fired boiler room cooperates with the heat pump, in the parallel-duplex system, supporting central heating system. The total cost of proposed modernization and annual savings were presented in the paper.

Praca naukowa sfinansowana przez Politechnikę Białostocką w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/23/08