

MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ODPADÓW LNIANYCH I KONOPNYCH DO SZEROKIEGO ZASTOSOWANIA W BUDOWNICTWIE

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania nad możliwością zastosowania lnu i konopi w polskim budownictwie. Parametry wytrzymałościowe kompozytów pozwalają na zastosowanie ich w budownictwie szkieletowym jako materiał samonośny, wypełniający drewniany szkielet. Przy zastosowaniu odpowiednich dodatków i domieszek (np. pucolany) do spoiwa wapiennego następuje przyspieszenie czasu wiązania oraz wzrost wytrzymałości materiału. Powrót do uprawiania lnu i konopi jest szansą dla polskiego rolnictwa, zwłaszcza dla obszarów, w których tradycję wpisane były te rośliny, np. dla Lubelszczyzny.

Słowa kluczowe: budownictwo, len, konopie

Wstęp

Uprawy lnu i konopi - roślin włóknistych i oleistych były od wieków uprawiane, głównie na terenach Polski wschodniej – Lubelszczyźnie, Podlasiu, a konopi także w Wielkopolsce. Uprawy lnu na Lubelszczyźnie kontynuowane są w okolicach powiatów: biłgorajskiego, krasnostawskiego i janowskiego. Zakaz upraw wysokonarkotycznych odmian konopi (np. indyjskich), przyczynił się do poszukiwania nowych odmian tej rośliny. Regulacje prawne dotyczące uprawy konopi zostały udokumentowane ustawą z 24 kwietnia 1997 r. o przeciwdziałaniu narkomanii, gdzie wprowadzono podział konopi na włókniste i inne, mogące służyć celom odurzającym. Za konopie włókniste uważa się rośliny zawierające mniej niż 0,2% THC w suchej masie ziela. Rośliny o większej zawartości tetrahydrokannabinolu uważane są za narkotyczne i ich uprawa, obrót i posiadanie są zabronione. Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu opracował i wdrożył uprawę konopi odmian Białobrzeskie i Beniko, które zawierają mniej niż 0,2% związków kannabinolanowych, a jednocześnie charakteryzują się wysoką wartością gospodarczą [www.iwnirz.pl]. Odmiany te z powodzeniem mogą być uprawiane na terenach Lubelszczyzny. Dla przykładu, uprawy konopi nienarkotycznych są bardzo rozpowszechnione w Niemczech oraz we Francji [Allin 2012, Bevan i Woolley 2010]. Te odmiany konopi w wymienionych krajach mają zastosowanie w przemyśle włókienniczym, chemicznym, celulozowo-papierniczym, spożywczym (oleje) oraz kosmetycznym.



Rysunek 1. Wypełnienie konstrukcji szkieletowej materiałem kompozytowym opartym na konopi [Bevan i Woolley 2010]



Rysunek 2. Układanie i zagęszczanie kompozytu w szalunku ściennym [Bevan i Woolley 2010]

Mieszanka oleju z konopi i 15% metanolu to substytut dla oleju napędowego w silnikach diesla (jego spalanie produkuje o 70% mniej sadzy niż w przypadku oleju z ropy naftowej) [www.lenikonopie.zielonewrota.pl]. Odpady poprodukcyjne mają natomiast zastosowanie w gospodarstwach rolnych jako podściółki dla zwierząt hodowlanych, w przemyśle energetycznym oraz w budownictwie do wykonywania materiałów termoizolacyjnych i jako kompozyty do budowy elementów konstrukcyjno-izolacyjnych w budynkach (rys. 1 i 2).

Len jest wykorzystywany w całości razem z korzeniami. Włókna występują na całej długości rośliny dlatego w czasie zbiorów len nie jest ścinany, lecz wyrwany z korzeniami. Nasiona znajdują zastosowanie w przemyśle spożywczym m.in. do produkcji oleju i kasz, w przemyśle farmaceutycznym do wyrobu kremów oraz w medycynie ludowej. Odpady powstałe przy przerobieniu nasion oraz torebki nasienne są przeznaczone na paszę. Z części środkowej rośliny produkuje się wysokiej jakości przędzę, która z kolei przetwarzana jest na tkaniny. W trakcie pozyskiwania włókna z rośliny powstają odpady typu paździerz (zdrewniała, połamana część rośliny), z których są wytwarzane płyty paździerzowe o podobnych właściwościach jak płyty wiórowe, do zastosowań w budownictwie oraz w produkcji mebli. Z odpadów powstałych w trakcie procesu rośnięcia lnu, a następnie wytwarzania włókna produkuje się wysokiej jakości papier. Z oleju lnianego produkowany jest także materiał podłogowy – linoleum, natomiast olej otrzymany z nasion lnu uprawianego na glebach skażonych wykorzystywany jest do produkcji naturalnego impregnatu do drewna – pokostu. Włókno ma zastosowanie również do wzmacniania biokompozytów polimerowych oraz jako dodatek do produkcji materiałów ciernych – okładzin hamulcowych i sprzęgłowych.

Przyczyną ograniczenia upraw lnu w Polsce były znaczny import bawełny i wprowadzenie szerokiej gamy włókien sztucznych, głównie z krajów azjatyckich. Len nie ma wysokich wymagań co do jakości gleby, lecz największy plon tej rośliny obserwuje się na gruntach wilgotnych. W roku 2004 len uprawiano na łącznej powierzchni ok. 3,5 tys. ha, głównie na Lubelszczyźnie (80% ogólnokrajowej powierzchni upraw) – powiat janowski i biłgorajski oraz na Dolnym Śląsku i Ziemi Lubuskiej [Bański 2010].

W latach 1961-1965 zbiory słomy lnianej były maksymalne i wynosiły 329 tys. ton, natomiast w roku 2011 spadły do poziomu zaledwie 1,5 tys. ton. Uprawa konopi w latach 60-tych była prowadzona na powierzchni około 30 tys. ha. W latach następnych kłopoty ze zbytem oraz zmniejszona opłacalność sprawiły, że rolnicy stopniowo rezygnowali z tej uprawy. Całkowite załamanie nastąpiło na początku lat 90., powierzchnia uprawy gwałtownie spadła z 2650 ha w 1989 roku do 48 ha w 1992 roku [www.lenikonopie.zielonewrota.pl].

W kolejnych latach prawie zaprzestano upraw tej rośliny i dotyczy to głównie obszarów Lubelszczyzny. Jednak w roku 2008 zasiano ponad 1400 ha konopi, a Instytut Włókien Naturalnych w Poznaniu podpisał umowy kontraktacyjne z prawie 40 plantatorami (m.in. z woj. lubelskiego) - łącznie plantacje nasienne założone zostaną na powierzchni 240 hektarów [www.iwnirz.pl]. Po okresie kryzysu, jesteśmy świadkami wzrostu zainteresowania uprawą i przetwórstwem konopi. Powstały nowe firmy, które rozpoczęły działalność w zakresie kontraktacji i tworzenia bazy przetwórczej.

Ekologiczny charakter konopi wynika z tego, że uprawy nie wymagają stosowania herbicydów, są odporne na choroby i insekty, a zużyty materiał wykonany z konopi przy niskich nakładach nadaje się do przetworzenia w drodze recyklingu. Konopie poprawiają strukturę gleby – są dobrym przedplonem dla innych roślin. Mogą być również rośliną rekultywacyjną – w 2012 roku IWNiRZ wdrożył projekt mający na celu rekultywację zdegradowanych gleb na terenach pokopalnianych, poprzez obsiew konopi włóknistych [Mańkowski i in. 2013]. Konopie w rolnictwie mają znaczenie chwastobójcze i odstraszające szkodniki. Liście konopi mogą być z powodzeniem wykorzystywane do celów pastewnych [www.lenikonopie.zielonewrota.pl]

Konopie zawierają znacznie więcej celulozy niż drzewa przez co są dobrym materiałem do produkcji biomasy, którą można wykorzystywać do celów energetycznych. Podczas spalania biomasy, emitują do atmosfery mniej CO₂ niż przy spalaniu surowców kopalnianych a 1 ha konopi wiąże około 2,5 tony CO₂ przyczyniając się do ograniczenia efektu cieplarnianego [Bevan i Woolley 2010].

Obecnie na terenie całej UE jest dopuszczonych do upraw 14 gatunków konopi i mają one bardzo niski poziom THC, poniżej 0,2% - jest to podstawowy powód uniemożliwiający pozyskiwanie z nich substancji odurzających zwanych kanabinoidami. W tabeli 1 podano zestawienie dotyczące uprawy konopi w woj. lubelskim w roku 2011.

Tabela 1. Dane dotyczące upraw lnu i konopi w województwie lubelskim w 2011r [Działuch 2012]

Wielkość	Len włóknisty	Len oleisty	Konopie
Powierzchnia zasiewów [ha]	534	101	2
Plony [dt/ha]	14,6	13,2	30
Zbiory z upraw [dt]	7049	1475	60

W ramach współpracy placówek naukowo-dydaktycznych w Polsce (Zakład Budownictwa Państwowej Szkoły Wyższej w Białej Podlaskiej) i Białorusi (Uniwersytet Techniczny w Brześciu) realizowany jest grant transgraniczny pt. „Opracowanie technologii budowy domów ekologicznych i energooszczędnych z kompozytów wypełniających szkielet drewniany”. Wyjściowym materiałem jest kompozyt, w którego skład wchodzi paździerz konopne i lniane, piasek oraz spoiwo na bazie wapna, modyfikowane domieszkami i dodatkami mineralnymi.

W dalszej części artykułu zostały przedstawione przykłady ze świata oraz opisane badania własne nad możliwością wykorzystania odpadów z lnu i konopi w budownictwie, jako ekologiczny, lekki materiał budowlany – przede wszystkim ścienny, pełniący funkcję izolacyjno-konstrukcyjną.

Materiały wykorzystane do badań

Jednym z etapów badań był dobór składników kompozytu. Do badań wykorzystano słomę lnianą oraz włókno pobrane z województwa lubelskiego, powiatu krasnostawskiego oraz z zakładu ECOTEX w Kowalowicach (woj. opolskie) [www.ekotex.com.pl]. Materiał pocięto na kawałki o długości 15-25 mm. Wykorzystano różne warianty postaci lnu: wymłócona słoma, niewymłócona słoma z włóknem oraz samo włókno. Słomę lnianą wypłukano w wodzie przed użyciem, w celu oczyszczenia z pyłów i zanieczyszczeń, które wpłynęłyby niekorzystnie na przyczepność słomy do spoiwa. Konopie włókniste wykorzystano w postaci paździerzy – pociętych łodyg na odcinki 10-30 mm. Pobrano je z Zakładu Doświadczalnego LENKON w Stęszewie (woj. wielkopolskie) [www.lenkon.pl]. Próbkki lnu i konopi wykorzystanych w badaniach zaprezentowano na poniższej fotografii (rys.3).



Rysunek 3. Próbkki wykorzystanych materiałów w badaniach. Od lewej: słoma lniana, włókno lniane, paździerz konopne [archiwum autorów]

Jako spoiwo wykorzystano naturalny materiał – wapno hydratyzowane z dodatkami hydraulicznymi (cement portlandzki) lub pucolanowymi (np. pył krzemionkowy) a także obojętnymi chemicznie (mączka wapienna). Kolejnym składnikiem kompozytu było kruszywo lekkie, np. perlit lub szkło piankowe – poprawiające izolacyjność termiczną oraz obniżające gęstość kompozytu lub kruszywo zwykłe – piasek o frakcji 0-1 mm, zwiększający sztywność docelowego kompozytu. Dobór rodzaju kruszywa uzależniono od planowanego zastosowania kompozytu.

W celu zwiększenia izolacyjności cieplnej gotowego wyrobu oraz obniżenia gęstości wykonano również próbki z wykorzystaniem piany stosowanej w pianobetonach, otrzymanej w wyniku mechanicznego mieszania komponentu pianotwórczego z wodą. Otrzymaną pianę zmieszano z mieszanką pozostałych składników kompozytu.

Zakres badań

Kompozyt, w różnych modyfikacjach pod względem składu przebadano pod kątem podstawowych właściwości mechanicznych (wytrzymałość na ściskanie), fizycznych (gęstość, szczelność, porowatość, nasiąkliwość) oraz cieplnych (współczynnik przewodności cieplnej). Przeprowadzono szereg badań na próbkach różniących się zawartością elementów lnu oraz konopi, kruszywem a także dodatkami mineralnymi. Badania przeprowadzono po 28 dniach dojrzewania próbek w warunkach laboratoryjnych. Na poniższym zdjęciu przedstawiono przykładowy kompozyt (rys.4).



Rysunek 4. Przykładowe próbki badanych kompozytów [archiwum autorów]

Analiza wyników

Kompozyty, w zależności od składu uzyskały różną charakterystykę. Zwiększenie ilości wypełniaczy – lnu i konopi objętościowo względem spoiwa skutkowało obniżeniem gęstości objętościowej oraz zmniejszeniem współczynnika przewodności cieplnej. Jest to związane z niskim ciężarem wypełniaczy organicznych, ich niskim przewodnictwem cieplnym oraz wysoką porowatością, zwłaszcza odpadów z konopi. W tabeli 2 zaprezentowano przedział wyników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych.

Tabela 2. Podstawowe właściwości badanych kompozytów [archiwum autorów]

Właściwość	Przedział wartości
Wytrzymałość na ściskanie (MPa)	0,45 - 2,1
Gęstość objętościowa [g/cm ³]	0,44 - 1,29
Szczelność [%]	18,0 - 50,0
Porowatość [%]	50,0 - 82,0
Nasiąkliwość [%]	28,0 - 77,0
Współczynnik przewodności cieplnej [W/mK]	0,11 - 0,22

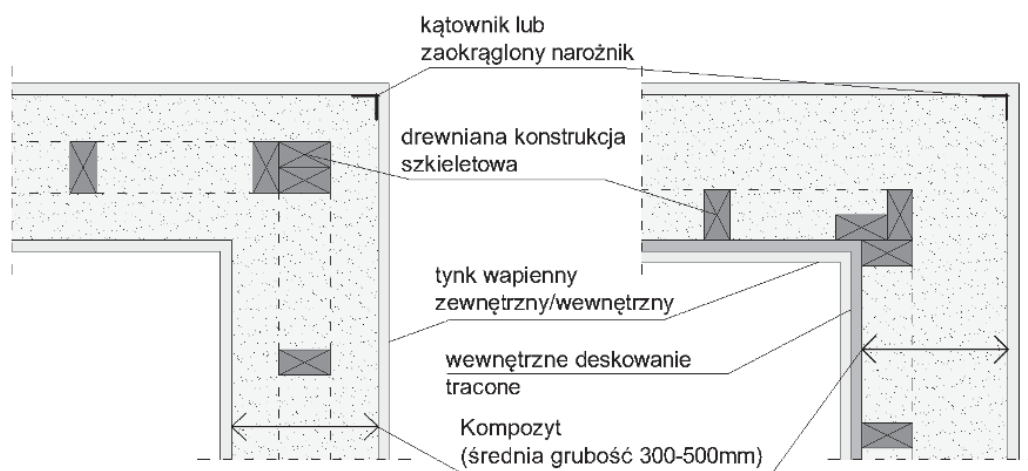
Porowaty charakter paździerzy konopnych oraz naturalne spoiwo zapewniają swobodną migrację pary wodnej przez materiał kompozytowy oraz zapewnienie właściwego mikroklimatu w pomieszczeniach. Wykorzystane odpady z roślin włóknistych charakteryzują się dużą nasiąkliwością, zwłaszcza słoma lniana. W pierwszych minutach po namoczeniu w wodzie, słoma pęcznieje wchłaniając wodę, co powoduje zwiększenie jej masy o ok. 200%. Z tego powodu nasiąkliwość docelowych kompozytów również jest wysoka. Można ją jednak ograniczyć wykonując zabieg hydrofobizacji pokostem lnianym lub związkami krzemoorganicznymi, co było przedmiotem odrębnych badań własnych. Wysoką nasiąkliwość materiałów organicznych należy uwzględnić w recepturze mieszanki, stosując odpowiednią ilość wody zarobowej.

Analizując wyniki oznaczenia wytrzymałości na ściskanie wykazano, że regulując skład mieszanki można zwiększać parametry wytrzymałościowe kompozytu, przy jednoczesnych próbach obniżania gęstości materiału. Przykładowo zwiększając zawartość słomy lnianej lub odpadów konopnych w mieszance, co decyduje o zmniejszeniu gęstości, jednocześnie zwiększając udział dodatków pucolanowych lub hydraulicznych w spoiwie, które wpływają na wzrost wytrzymałości oraz możliwość szybszego rozformowania deskowania na budowie.

Jednym z priorytetów badań było uzyskanie możliwie najniższego współczynnika przewodnictwa cieplnego przy zachowaniu wystarczającej wytrzymałości materiału dla przewidywanego zastosowania. Skuteczność izolacyjna kompozytu związana jest z gęstością materiału, modyfikowaną poprzez stosunek spoiwa do wypełniacza (słomy lnianej, paździerzy konopnych) oraz sposobem układania i zagęszczania kompozytu.

Możliwości zastosowania kompozytów

Docelowym zastosowaniem lekkich kompozytów na bazie spoiwa wapiennego i odpadów celulozowych jest monolityczne wypełnienie drewnianej konstrukcji szkieletowej (rys. 5). Przenosiłaby ona znaczące obciążenia działające na budynek, natomiast wypełnienie miałoby za zadanie przenieść ciężar własny oraz siły boczne, jednocześnie pełniąc funkcję izolacji termicznej.



Rysunek 5. Schemat ściany szkieletowej z wypełnieniem kompozytem na bazie konopi [Bevan i Woolley 2010]

Grubość ściany w tej technologii waha się w granicach 30-50 cm. Drewniane słupy obłożone są dookoła kompozytem, minimalizując liniowy mostek cieplny. Powierzchnia ścian po rozformowaniu, ze względu na niejednorodny charakter mieszanki oraz ręczny sposób zagęszczania nie jest gładka, występuje zjawisko podobne do „efektu ściany”. Jest to dobre podłoże pod wyrównanie tynkiem wapiennym. Wymagane jest aby materiał wykończeniowy był paroprzepuszczalny z uwagi na porowaty i nasiąkliwy charakter kompozytu. Elewacje można okładać również innymi materiałami wykończeniowymi np. płytami lub deskami bezpośrednio na powierzchnię ściany lub z pozostawieniem szczeliny powietrznej, jak w budownictwie szkieletowym.

Mieszanka może być umieszczana w deskowaniu poprzez układanie i ręczne ubijanie lub natrysk na wewnętrzne deskowanie tracone. Układanie mieszanki poprzez natrysk ma zastosowanie w budynkach o większej kubaturze (powyżej 70 m³) oraz tam gdzie wymagane jest szybkie wykonanie budynku [Bevan i Woolley 2010]. Istotne jest odpowiednie zabezpieczenie dróg oddechowych przy pracach wykonawczych, ze względu na unoszenie się pyłu podczas dozowania i mieszania składników. Kompozyty o większej gęstości i wytrzymałości mogą być wykonane w formie prefabrykatów jako bloczki ściennie. Wykonanie ściany z bloczków jest jednak bardziej kosztowne niż technologia monolityczna. Na zdjęciu 6 przedstawiono przykłady bloczków wykonanych na bazie paździerzy z konopi oraz spoiwa wapiennego.



Rysunek 6. Bloki ściennie z kompozytu na bazie konopi [Bevan i Woolley 2010]

Aby spełnić obowiązujące w Polsce wymagania związane z granicznym współczynnikiem przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, należałoby dołożyć warstwę materiału termoizolacyjnego do ścian wykonanych z większości przebadanych kompozytów. Poza zastosowaniem jako materiał ścienny, kompozyty odpowiednio modyfikowane mogą mieć zastosowanie jako warstwa podłogi przy niewystępujących dużych obciążeniach (rys. 8) lub jako izolacja dachu. W przypadku zastosowania kompozytu w konstrukcji dachu, powinien charakteryzować się on mniejszą gęstością niż dla konstrukcji ścian, czyli należy zastosować mniejszą proporcję spoiwa w stosunku do paździerzy. Mieszanka jest w tym przypadku natryskiwana na płytę deskowania traconego pomiędzy krokwie (rys. 7).



Rysunek 7. Izolacja dachu kompozytem na bazie konopi [www.hempcrete.co.uk]



Rysunek 8. Podłoga wykonana z kompozytu na bazie konopi [www.limecrete.co.uk]

Kompozyt oparty na konopiach i spoiwie wapiennym może być również stosowany jako wypełnienie ubytków - w renowacji starych, zabytkowych budynków wykonanych z drewna. Spoiwo wapienne tworzy środowisko zasadowe, chroniąc tym samym drewno przed korozją biologiczną. Elastyczność materiału również nie wpłynie na pracę konstrukcji drewnianej. Kompozyt jako materiał renowacyjny może również służyć jako okładzina ścian

wykonanych z kamienia lub cegły. Rozwiązanie to zapewni dodatkową izolację termiczną oraz poprawi charakterystykę wilgotnościową przegrody nie zakłócając dyfuzji pary wodnej.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule badania nad możliwością zastosowania lnu i konopi w polskim budownictwie są pilotażowe, jednak wyniki są obiecujące. Parametry wytrzymałościowe kompozytów pozwalają na zastosowanie ich w budownictwie szkieletowym jako materiał samonośny, wypełniający drewniany szkielet. Przy zastosowaniu odpowiednich dodatków i domieszek (np. pucolany) do spoiwa wapiennego następuje przyspieszenie czasu wiązania oraz wzrost wytrzymałości, co umożliwia rozformowanie deskowania po 24 godzinach, a to z kolei wpłynie na szybkość wykonania budynku. Niska gęstość objętościowa kompozytu (ok. 0,5-1,0 t/m³) zapewni stosunkowo niewielki ciężar budynku, bez konieczności wykonywania masywnych fundamentów. Naturalne składniki kompozytów, zwłaszcza konopie, wpływają korzystnie na zrównoważony rozwój w budownictwie, dlatego że możliwy jest pełen recykling budynku wzniesionego ze szkieletu drewnianego i naturalnego kompozytu. Uzyskany z badań współczynnik przewodnictwa cieplnego kompozytu z udziałem konopi ($\lambda=0,11$ W/mK) świadczy o możliwości spełnienia obecnych wymagań dotyczących izolacyjności termicznej ścian przy grubości 40-45cm i zakwalifikowaniu domów budowanych tą technologią do kategorii budownictwa energooszczędnego. Łatwy dostęp do materiałów za sprawą rozpowszechnienia upraw lnu i konopi oraz odnawialność tych surowców (roczny przyrost celulozy wyprodukowanej przez konopie przekracza 2,5 razy przyrost celulozy uzyskany z drzew) przyczyni się do zmniejszenia kosztów budowy takich domów w porównaniu z tradycyjną technologią.

Powrót do uprawiania lnu i konopi jest szansą dla polskiego rolnictwa, zwłaszcza dla obszarów, w których tradycję wpisane były te uprawy, np. dla Lubelszczyzny. Uprawiając te rośliny, rolnicy mają możliwość zapełnić pewną niszę wynikającą z faktu, iż jej uprawy są w Europie bardzo ograniczone. Nie będą zatem stanowić konkurencji dla rolnictwa Unii Europejskiej. Słabo rozwinięty sektor usług na rzecz rolnictwa i wsi, bardzo duże rozwarstwienie gospodarstw, dominacja gleb słabej klasy, negatywne skutki zmian klimatycznych – wszystko to ma wpływ na to, iż rolnictwo na obszarze Lubelszczyzny staje się coraz bardziej nie dochodowe. Rolnicy, uprawiając len i konopie do celów zastosowań w budownictwie mogą poprawić swoją sytuację ekonomiczną. W ramach przytaczanego we wstępie grantu transgranicznego przewiduje się przeprowadzenie spotkań informacyjnych dla rolników. Spotkania mają na celu ukazanie korzyści płynących z zastosowania alternatywnych rozwiązań w rolnictwie. Zarówno uprawa konopi, z różnych względów zaniechana w obszarze objętym projektem, jak i wykorzystanie uprawy lnu, są takimi alternatywami.

Wraz z powrotem do budownictwa opartego na ekologicznych surowcach oraz modyfikacją technologii na potrzeby warunków klimatu umiarkowanego przejściowego i chłodnego otworzą się nowe rynki zbytu na rośliny włókniste i bazujące na nich materiały budowlane.

Piśmiennictwo

1. Allin S., 2012: Building with hemp. Seed Press.
2. Bevan R., Woolley T., 2010: Hemp Lime Construction: A Guide to Building with Hemp Lime Composites. Bracknell.
3. Fic S., Brzyski P., Szelać M., 2013: Composite based on foam lime mortar with flax fibers for use in the building industry. Ecological and Chemistry Engin. A, 7-8.
4. Fic S., Brzyski P., Szelać M., 2014: Ocena ważmożności izpolzowania naturalnych kompozytow z dodatką lnianych wołokon w stroitelstwie. Bisnik No 53 Odessa: 393-399.
5. Mańkowski J., Kubacki A., Kołodziej J., Pniewska I., Baraniecki P., 2013: Nowa metoda rekultywacji terenów zdegradowanych w rejonie KWB Konin z zastosowaniem uprawy konopi włóknistych. Rekultywacja i re-witalizacja terenów zdegradowanych, Poznań.
6. Dziaduch S., 2012: Rolnictwo w województwie lubelskim w 2011r. Urząd Statystyczny w Lublinie.
7. Bański J., 2010: Atlas Rolnictwa Polski. PAN IGiPZ, Warszawa.
8. www.ekotex.com.pl
9. www.hempcrete.co.uk
10. www.iwnirz.pl
11. www.lenikonopie.zielonewrota.pl
12. www.lenkon.pl
13. www.limecrete.co.uk