

# Innowacyjna kompozytowa konstrukcja nośna chmielników

Innovative composite hop trellis construction

dr Marcin Żyła

Energy Composites Sp. z o.o., Kierownik Projektu

**Słowa kluczowe:** plantacja chmielu, konstrukcja nośna chmielnika, kreozot, WWA, Integrowana Produkcja Chmielu, bioremediacja

**Keywords:** hops plantation, hop trellis construction, creosote, PAH, Integrated Hop Production, bioremediation

*Hop plantations are unique and characteristic crops that stand out in the agricultural landscape. This is related to the hop trellis construction, which is about 7 m high and up to several hectares in area. Traditional hop trellis constructions were built on the basis of wooden poles, which had to be impregnated with a biocidal agent – creosote. At the beginning of the 21st century, international studies were published (WHO, U.S. Department of Health and Human Services), which stated the toxicity and carcinogenicity of compounds contained in creosote. Over the past 20 years, legal regulations have appeared in the EU restricting the use of creosote, which from October 31, 2022 is only allowed for industrial applications (railway sleepers, electricity poles). For hop growing, this means the need to find new solutions. Energy Composites, as part of the implementation of the POIR.01.01.01-00-0867/16 Project, has developed a comprehensive and innovative hop trellis construction based on composite poles. This is a durable and strong solution in technical terms, resistant to weather conditions and not emitting harmful substances into the environment. Along with the new solution of hop trellis, the Integrated Hop Production Methodology was developed, which is in force in the territory of Poland from 2021.*

Plantacje chmielu są unikalnymi i charakterystycznymi uprawami odznaczającymi się w krajobrazie rolniczym. Jest to związane z konstrukcją nośną chmielników, która ma ok. 7 m wysokości i nawet do kilku hektarów powierzchni. Tradycyjne chmielniki budowane były w oparciu o drewniane słupy, które musiały być impregnowane środkiem biobójczym - kreozotem. Na początku XXI w. opublikowano opracowania o zasięgu międzynarodowym (WHO, U.S. Department of Health and Human Services), które stwierdzały toksyczność i rakotwórczość związków zawartych w kreozocie. W ciągu ostatnich 20 lat w UE pojawiały się regulacje prawne ograniczające stosowanie kreozotu, który od 31 października 2022 r. dopuszczony jest wyłącznie do zastosowań przemysłowych (podkłady kolejowe, słupy energetyczne). Dla chmielarstwa oznacza to konieczność znalezienia nowych rozwiązań. Energy Composites w ramach realizacji Projektu POIR.01.01.01-00-0867/16 opracowało kompleksową i innowacyjną konstrukcję nośną chmielników opartą na słupach kompozytowych. Jest to rozwiązanie trwałe i wytrzymałe pod względem technicznym, odporne na warunki atmosferyczne i nie emitujące szkodliwych substancji do środowiska. Wraz z nową konstrukcją opracowano Metodologię Integrowanej Produkcji Chmielu, która obowiązuje na terenie RP od 2021 r.

## Dwa oblicza kreozotu

Plantacje chmielu są dość unikalnymi i charakterystycznymi uprawami w krajobrazie rolniczym. Jest to związane z konstrukcją nośną chmielników, która ze względu na swe pokaźne rozmiary (ok. 7 metrów wysokości i powierzchnia nawet do kilku ha) jest widoczna z dużej odległości i wyróżnia chmielniki pośród innych upraw rolnych. Konstrukcje chmielników są owocem wielowiekowych doświadczeń płynących z uprawy chmielu, który zalicza się do roślin pnących, wymagających do prawidłowego wzrostu, rozwoju oraz osiągnięcia wysokiego plonu odpowiednio wysokich podpór. Obecnie stosowa-

ne konstrukcje chmielników (w takiej lub zbliżonej formie znane od połowy XX w.) spełniają te wymogi. Ze względu na intensyfikację upraw i mechanizację rolnictwa wprowadzono konstrukcje z regularnymi rzędami w postaci grobli (co 3-3,3 m), z wykorzystaniem siatki nośnej z lin stalowych. Głównym elementem konstrukcji chmielników są słupy, które poprzez siatkę nośną dźwigają cały ciężar chmielu – muszą więc być wykonane z materiału wytrzymałego na obciążenia osiowe. Rosnące obciążenie związane z rozwojem chmielu w okresie wegetacyjnym powoduje wciąganie szczytów słupów skrajnych chmielnika (występujących dokoła całej konstrukcji) do wewnątrz, dlatego wskazane jest, by był to materiał sprężysty.

Tradycyjnym i dobrze sprawdzonym materiałem wykorzystywanym na słupy chmielników było drewno. W Polsce – głównie drewno sosnowe. Pnie krótsze i o mniejszej średnicy (przeciętnie do 15-18 cm) wykorzystywano na słupy środkowe, pnie grubsze (do ok. 20-22 cm) na słupy skrajne.

W związku z tym, że słupy chmielników narażone są na działanie warunków atmosferycznych przez cały rok, wymagają impregnacji. Bardzo skutecznym środkiem okazał się kreozot, a dokładniej olej kreozotowy, który jest produktem rafinacji smoły węglowej. Kreozot był używany już od połowy XIX w. przede wszystkim do impregnacji podkładów kolejowych, a później słupów telegraficznych i telefonicznych [1]. Dobrze sprawdził się również do impregnacji słupów stanowiących konstrukcje chmielników – niektóre słupy dogłębnie impregnowane kreozotem w autoklawach potrafią wytrzymać wkopane do ziemi nawet 60-70 lat. W Polsce do zeszłego roku takie słupy stanowiły ponad 99% wszystkich konstrukcji (ok. 1850 ha).

Ta doskonała impregnacja i zabezpieczenie drewna przed butwieniem, gniciem i szkodnikami ma jednak drugie oblicze – to działanie biobójcze, toksyczne i rakotwórcze. Pierwsze wzmianki na temat toksyczności i rakotwórczości kreozotu pojawiły się pod koniec XX w. Problem był na tyle istotny z perspektywy zdrowia i życia człowieka, że na początku XXI w. powstały opracowania o zasięgu międzynarodowym: *Toxicological profile for wood creosote, coal tar creosote, coal tar, coal tar pitch, and coal tar pitch volatiles* [2] skupiający się na kwestiach zdrowotnych i toksykologicznych i *Coal Tar Creosote* (WHO) [3] – zwięzły międzynarodowy dokument wydany przez Światową Organizację Zdrowia i dotyczący oceny ryzyka środków chemicznych.

Dlaczego kreozot jest toksyczny i rakotwórczy? Kreozot to mieszanina ponad tysiąca związków chemicznych, ale tylko niewielka ich liczba jest obecna w ilości powyżej 1%. Są to węglowodory aromatyczne, w tym wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i alkiilowane WWA (które mogą stanowić do 90% kreozotu), kwasy smółowe/fenole, zasady smółowe, aminy aromatyczne i he-

terocykle z siarką lub tlenem. Najbardziej niebezpiecznymi związkami występującymi w kreozocie są WWA – aż 16 z nich znajduje się na liście najbardziej niebezpiecznych substancji chemicznych, opracowanej przez Agencję Ochrony Środowiska EPA (Environmental Protection Agency), m. in. benzo(a)piren, antracen, fluoranten, chryzen [4]. Związki te ulegają silnej bioakumulacji w organizmach żywych i mają charakter mutagenny i kancerogeny [5].

### Zakaz stosowania kreozotu od 2022 r.

W związku z powyższym na terenie UE po 2000 r. rozpoczęły się działania i wydawanie regulacji prawnych zmierzających do ograniczenia stosowania kreozotu. Kluczową rolę odegrała Dyrektywa Komisji 2011/71/UE z dnia 26 lipca 2011 r. [6]. Najistotniejsze jej zapisy to: uznanie kreozotu za bezprogowy czynnik rakotwórczy (substancja rakotwórcza kategorii 1B), stwierdzenie, że ww. WWA są substancjami trwałymi, toksycznymi, ulegającymi bioakumulacji (niebezpieczne dla ludzi i środowiska) i należą do priorytetowych substancji niebezpiecznych. Oprócz Dyrektywy Komisja Europejska wydała Komunikat Prasowy mówiący o ograniczeniu stosowania kreozotu [7]. Ponadto włączono kreozot do Załącznika I do Dyrektywy (spis substancji toksycznych i rakotwórczych). Stosowanie kreozotu jako substancji biobójczej miało być zakazane na terenie UE (nawet dla zastosowań profesjonalnych, tj. energetyka, kolejnictwo) po 30 kwietnia 2018 r. Ostatecznie wprowadzenie zakazu uległo opóźnieniu i obowiązuje od października 2022 r. [8].

W związku z Dyrektywą Komisji stało się jasne, że branżę chmielarską czekają istotne zmiany wynikające z faktu, że nie będzie możliwe stosowanie dla konstrukcji chmielników słupów drewnianych impregnowanych kreozotem. W firmie Energy Composites Sp. z o.o., która zajmowała się współpracą z energetyką zawodową i m.in. dostarczaniem słupów kompozytowych na żerdzie energetyczne, zrodził się pomysł stworzenia konstrukcji chmielnika opartej na słupach wyprodukowanych z kompozytu włókna szklanego i żywicy poliestrowych. Słupy takie nie wymagają żadnej impregnacji, są trwałe, odporne na warunki atmosferyczne i przyjazne środowisku.

Tak powstał **projekt badawczo-rozwojowy POIR.01.01.01-00-0867/16 o nazwie „Technologia produkcji chmielu wykorzystująca innowacyjną konstrukcję nośną oraz zintegrowany system optymalizacji nawadniania, nawożenia i ochrony roślin”, współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**. Realizowany był w latach 2017-2023, we współpracy z Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB w Puławach oraz Rolniczym Zakładem Doświadczalnym „Jastków”.

Projekt realizował wiele celów częściowych, które można przedstawić w dwóch grupach. Pierwsza to wszystkie działania związane z konstrukcją chmielnika, a więc opracowanie innowacyjnego w skali światowej rozwiązania opartego na słupach kompozytowych własnej produkcji. Wypracowana została kompleksowa konstrukcja obejmująca zarówno same słupy, jak i wyposażenie do nich: zaślepki, nasady (są to ultralekkie rury cienkościenne, więc montaż siatki nośnej odbywa się do specjalnie zaprojektowanych nasad stalowych), kotwy stalowe wkręcane, liny stalowe specjalnej konstrukcji, sprężyny do absorpcji naprężeń związanych z wiatrem, zacisków itd. Na Politechnice Śląskiej opracowano model chmielnika testowany pod kątem wytrzymałości w programie LS-Dyna. Na terenie RZD „Jastków”



Czoło chmielnika kompozytowego

zbudowane zostały 2 prototypy chmielników kompozytowych o różnym układzie przestrzennym i powierzchni 2 ha każdy – były one poligonem doświadczalnym do testowania różnych rozwiązań technicznych.

Dzięki kilku sezonom testowania konstrukcji w realnych warunkach polowych, przy różnych obciążeniach związanych z dojrzewaniem roślin i warunkami atmosferycznymi (w tym wichury z prędkością wiatru 130 km/h) powstała sprawdzona i niezawodna konstrukcja, która ponadto jest bezpieczna dla środowiska i ludzi.

Druga część projektu dotyczyła samej technologii uprawy chmielu i obejmowała szczegółowe badania botaniczne i genetyczne prowadzone przez IUNG na uprawianych odmianach i w wydzielonych poletkach doświadczalnych. Badano wpływ nawadniania, różnych poziomów nawożenia i takich czynników jak usłonecznienie, ilość opadów, wiatr, położenie szyszek na roślinie (3 wysokości pobierania szyszek do badań) na produkcję alfa-kwasów i ksantohumolu w chmielu. Dodatkowo zrealizowanym celem było opracowanie Metodyki Integrowanej Produkcji Chmielu [9], która, po zatwierdzeniu



Tradycyjna konstrukcja chmielnika na słupach drewnianych impregnowanych kreozotem





Konstrukcja chmielnika kompozytowego – młody chmiel na przełomie maja i czerwca

niu przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa, jest obowiązującym na terenie RP i UE dokumentem dotyczącym sposobu uprawy chmielu.

Bardzo istotną kwestią związaną z Projektem było zbadanie skażenia WWA pochodzącymi z kreozotu w glebie chmielników wokół starych słupów drewnianych. Pobrano i przeanalizowano kilkadziesiąt próbek glebowych zlokalizowanych w różnej odległości od słupów i pochodzących z różnej głębokości. W wielu próbkach pobranych w sąsiedztwie słupów z poziomu ornego przekroczone były znacznie dopuszczalne stężenia WWA, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 1 września 2016 [10]. Oznacza to, że przy wymianie starej drewnianej konstrukcji na nową (bez kreozotu) potrzebne jest przeprowadzenie procesu bioremediacji.

Happy Hopfields, wprowadzająca na rynek rozwiązania firmy Energy Composites, przeprowadziła we współpracy z BACTrem Sp. z o.o. pierwszą w Polsce pełnowymiarową bioremediację chmielników przy użyciu preparatu BACTocresol, służącego likwidacji kreozotu z gruntu, wody i odpadów. Dzięki temu bioremediację przeprowadzono *in situ*, w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego, a jej skuteczność potwierdzona została analizami gruntu.

Dotychczas powstało 8 chmielników kompozytowych przeznaczonych do przemysłowej uprawy chmielu oraz 3 chmielniki pokazowe zrealizowane dla browarów, o łącznej powierzchni kilkunastu ha.

Aktualnie w związku z dotacją na przebudowę konstrukcji chmielników, realizowaną ze środków Krajowego Planu Odbudowy, powstają kolejne 2 chmielniki kompozytowe o łącznej powierzchni ok. 4,3 ha.

## Wnioski

Uprawa chmielu wymaga instalacji na konstrukcjach nośnych (chmiel to roślina pnąca), które osiągają ok. 7 m wysokości i do kilku ha powierzchni. Tradycyjne konstrukcje chmielników oparte były na słupach drewnianych impregnowanych kreozotem. W związku z jego toksycznością i rakotwórczością tradycyjne konstrukcje muszą być zastąpione innymi rozwiązaniami. Energy Composites,

w ramach projektu badawczo-rozwojowego, opracowało kompleksową konstrukcję opartą na słupach kompozytowych, która zapewnia odpowiednie warunki wytrzymałościowe, jak i środowiskowe. W zakresie prowadzenia uprawy chmielu opracowano Metodę Integrowanej Produkcji Chmielu zatwierdzoną w 2021 r.

## Literatura

- [1] *Przegląd Teletechniczny*. 1928, nr 4. Warszawa.
- [2] Toxicological profile for wood creosote, coal tar creosote, coal tar, coal tar pitch, and coal tar pitch volatiles. 2002U.S. Department of health and human services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta.
- [3] Coal Tar Creosote, Concise International Chemical Assessment Document 62, World Health Organization, 2004, Geneva.
- [4] Lerda Donata. 2011. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Factsheet, European Commission, Joint Research Centre Technical Notes, 4-th edition, Belgium.
- [5] Karta Charakterystyki Substancji Niebezpiecznych, Olej kreozotowy gat. B, nr pozwolenia na obrót produktem biobójczym 3881/09. 2010. Centrala Obrotu Towarami Masowymi DAW-BYTOP Sp. z o.o., Bytom.
- [6] Dyrektywa Komisji 2011/71/UE z dnia 26 lipca 2011 r. zmieniająca dyrektywę 98/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w celu włączenia kreozotu jako substancji czynnej do załącznika I do tej dyrektywy, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 195/46, 27.7.2011.
- [7] Ochrona środowiska: zaostrzenie ograniczeń dotyczących przemysłowego zastosowania kreozotu, Komisja Europejska – Komunikat Prasowy IP/11/925, 26.07.2011, Bruksela.
- [8] Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2022/1950 z dnia 14 października 2022 r. w sprawie odnowienia zatwierdzenia kreozotu jako substancji czynnej przeznaczonej do stosowania w produktach biobójczych należących do grupy produktowej 8 zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 269/1, 17.10.2022.
- [9] Skomra Urszula. 2021. *Metodyka Integrowanej Produkcji Chmielu*, Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, Dz. U. RP, poz. 1395, 5 września 2016, Warszawa.