

# Wdmuchiwanie światłowodów

**B**ardzo dawno już nie pisałem o zagadnieniach związanych z kablami. A układanie kabli też często jest dokonywane przy użyciu technologii bezwykopowych. W związku z tym, że w ciągu ostatnich dwóch miesięcy zaobserwowaliśmy bardzo wzmożony „ruch w interesie”, jeśli chodzi o wdmuchiwanie kabli światłowodowych, postanowiłem omówić tę, jak najbardziej bezwykopową technologię. Kable światłowodowe już zdecydowanie wyparły kable miedziane jako medium do transportu sygnałów w telefonii, telewizji kablowej oraz Internecie. W tak zwanych sieciach szkieletowych, czyli, mówiąc w dużym skrócie, na trasach między miastami, światłowody stały się standardem już kilkanaście lat temu. Ale w tak zwanych sieciach dostępowych, czyli w obrębie miast, od central do użytkowników do dziś królowała i często króluje jeszcze miedz. Ale to już jej ostatnie chwile. Jeśli chcemy myśleć poważnie o oglądaniu filmów „on line” i innych usługach tzw. szerokopasmowych, musimy mieć sieć dostępową na światłowodach. A za chwilę „fiber to the home”, czyli światłowód do domu, a nawet „fiber to the desk”, czyli światłowód na biurku, będzie bezwzględnie koniecznością. I to już zaczyna się dziać. W Warszawie nasz główny operator przystępuje do pilotażowego projektu „fiber to the home”. Inni operatorzy też muszą to zrobić. Stąd zwiększone zainteresowanie techniką wdmuchiwania.

Kabel światłowodowy nie jest nigdy układany bezpośrednio w ziemi czy kanalizacji teletechnicznej pierwotnej. Zawsze układany jest w rurze wtórnej, najczęściej jest to rura z HDPE (polietylen wysokiej gęstości) o średnicy 40 mm lub 32 mm. Można ten kabel do rury wtórnej wciągnąć linką lub włóknem szklanym przy użyciu siły rąk ludzkich lub małej wciągarki. Jednakże ta technika niesie w sobie bardzo duże niebezpieczeństwo uszkodzenia kabla i jest bardzo rzadko stosowana. Standardem już od wielu lat jest wprowadzanie kabla przy użyciu sprężonego powietrza oraz podajników mechanicznych, czyli popularnie mówiąc „wdmuchiwanie”.

Aby „wdmuchać” kabel musimy wyrzucić na niego siłę, która pokona jego ciężar oraz opory tarcia o ściankę rury wtórnej. Sytuacja w dużym uproszczeniu wygląda tak, jak na rys 1.

Kabel tak długo będzie przemieszczał się w rurze, aż siła tarcia nie zrównoważy sumy siły ciągnącej i pchającej.

Siła tarcia opisana jest równaniem:

$$F = m \cdot l \cdot g \cdot \mu$$

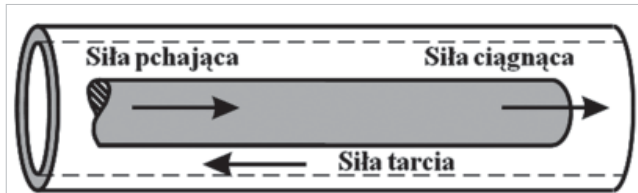
gdzie:

$m$  – masa właściwa kabla,  $l$  – długość kabla,  $g$  – stała grawitacyjna,  $\mu$  – współczynnik tarcia

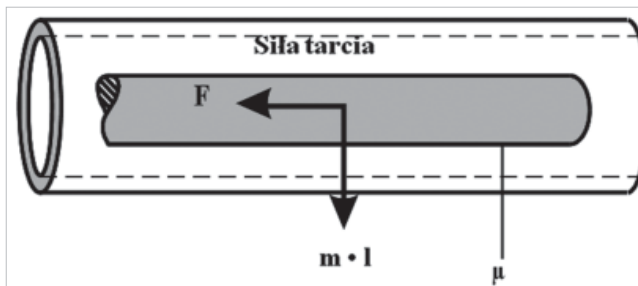
I tak, przykładowo – dla kabla o długości 2000 m o masie właściwej 0,2 kg/m i współczynniku tarcia 0,08:

$F = 0,2 \text{ kg/m} \cdot 2000 \text{ m} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,08 = 314 \text{ N}$ , czyli dla starszych ludzi około 30 kG.

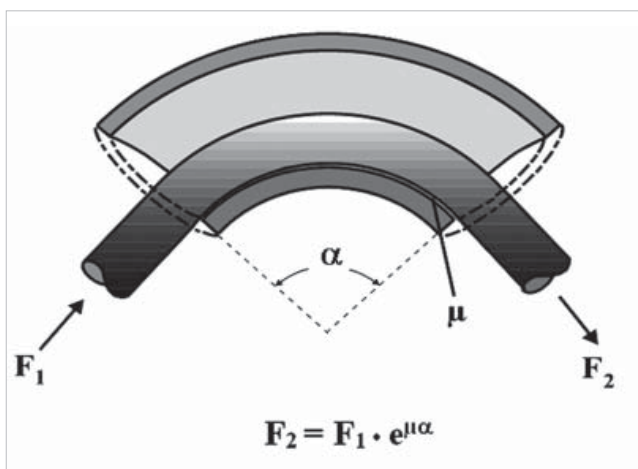
Czyli do pokonania siły tarcia przy wdmuchiwaniu kabla na odległość 2000 m potrzebna jest siła ok. 30 kG. Oczywiście



Rys. 1. Siły działające na kabel



Rys. 2. Rozkład sił w rurze prostej



Rys. 3. Rozkład sił w rurze wygiętej

ście przy założeniu, że rura jest na całej długości prosta.

Jako że rura tak jak i życie nigdy nie jest prosta, musimy rozpatrzyć przypadek rozkładu sił w wygiętej rurze. Przedstawiono to na rys. 3. Siła działająca na kabel za łukiem o kącie  $\alpha$  wynosi:  $F_2 = F_1 \cdot e^{\mu \alpha}$ , gdzie  $e$  to podstawa logarytmu naturalnego, a  $\mu$  – współczynnik tarcia.

- $e^{\mu \alpha}$  dla łuku  $30^\circ$  wynosi 1,04
- $e^{\mu \alpha}$  dla łuku  $60^\circ$  wynosi 1,09
- $e^{\mu \alpha}$  dla łuku  $90^\circ$  wynosi 1,13

I tak dla łuku  $90^\circ$  siła przed łukiem wynosi na przykład 500 N a za łukiem 565 N, a więc jest o 13% większa. Warto o tym pamiętać przy planowaniu trasy kabla. Należy pamiętać jeszcze o tym, że przy wyliczeniach przyjęliśmy dynamiczny układ występujących zjawisk. Kabel przemieszcza się w rurze z dość znaczną prędkością, z reguły ok. 60 m/min. W przypadku zatrzymania kabla i próbie ponownego wprowadzenia go w ruch będziemy mieli do czynienia z tarcie

stycznym, które jest prawie dwukrotnie większe.

Znając już opory, zastanowimy się, jakie siły i skąd pochodzące pozwalają nam na ruch kabla do przodu. Możemy wyróżnić dwie podstawowe metody wdmuchiwanie kabla: metodę tłoczkową i metodę strumieniową. Przy metodzie tłoczkowej na początku kabla zamocowany jest tłoczek, który dość szczelnie przylega do ścianek rury osłonowej i poddany naporowi sprężonego powietrza powoduje powstanie siły ciągnącej kabel. Przy metodzie strumieniowej nie ma tłoczka i siła ciągnąca pochodzi od tarcia przepływającego powietrza o powierzchnię zewnętrzną kabla. Wdmuchiwanie metodą tłoczkową przedstawione jest schematycznie na rys. 4.

Siła powstająca na tłoczku opisana jest równaniem

$$F = (D^2 - d^2) \cdot \pi/4 \cdot P$$

gdzie  $F$  – siła ciągnąca,  $D$  – średnica wewnętrzna rury,  $d$  – średnica zewnętrzna kabla,  $P$  – ciśnienie powietrza, a właściwie nadciśnienie (częsty błąd przy obliczaniu polega na tym, że jeżeli manometr pokazuje ciśnienie 10 bar, to taką wartość przyjmuje się do obliczeń. A przecież przed tłoczkiem panuje ciśnienie atmosferyczne, czyli około 1 bar. Należy o tym pamiętać i przyjmować do obliczeń wartość o 1 bar mniejszą niż wskazania manometru na sprężarce).

Przykładowo: dla rury „czterdziestki” średnica wewnętrzna rury ( $D$ ) wynosi 32 mm, średnica zewnętrzna kabla ( $d$ ) – 16 mm a nadciśnienie 7 bar, co daje nam siłę ok. 420 N, czyli ca 40 kg.

Jak widać ze wzoru, wartość siły będzie tym mniejsza, im mniejsza jest różnica między średnicą wewnętrzną rury a średnicą kabla. Przy małych rurach i grubych kablach lepiej stosować jest metodę strumieniową.

Rozkład sił pokazany jest na rys. 5.

Siła ciągnąca kabel jest wyrażona wzorem  $F = \pi/4 \cdot d \cdot (D-d) \cdot P/T \cdot L$ ,

gdzie:  $F$  – siła działająca na kabel,  $P$  – nadciśnienie na kompresorze,  $d$  – średnica zewnętrzna kabla,  $D$  – średnica wewnętrzna rury wtórnej,  $T$  – długość trasy,  $L$  – długość kabla. Dla średnic 32 i 16 mm oraz długości trasy i kabla 2000 m daje to wartość około 180 N.

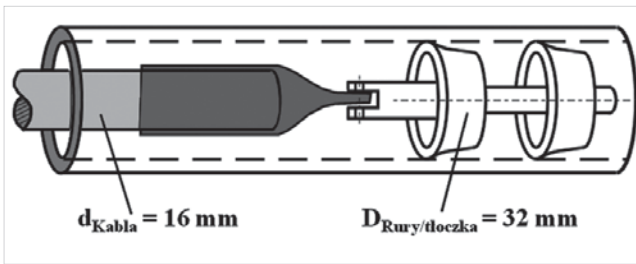
Oprócz sił ciągnących mamy jeszcze siłę pchającą kabel pochodzącą od mechanicznego podajnika wdmuchiarki. Wartość tej siły w zależności od modelu maszyny i sztywności kabla wynosi od 500 do 2000 N. I na tym skończymy rozważania teoretyczne, które są na pewno pomocne przy zrozumieniu istoty procesu wdmuchiwanie i pomagają podjąć różne decyzje, ale należy pamiętać, że rzeczywistość jest znacznie bardziej skomplikowana i czynników decydujących o powodzeniu przy tej technologii jest dużo, dużo więcej.

Z grubsza możemy podzielić je na trzy grupy:

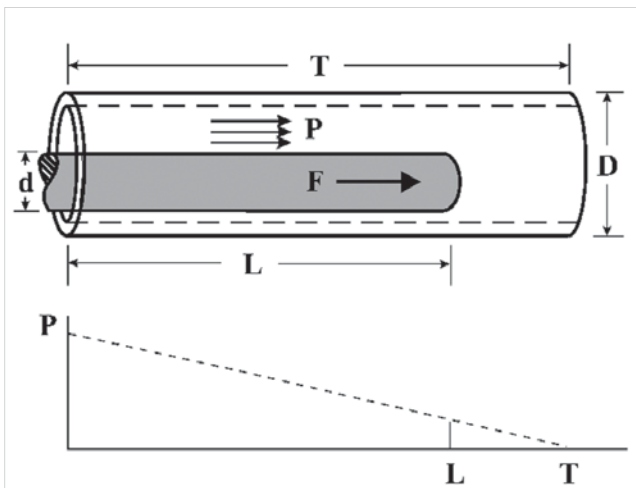
- zależne od materiałów, czyli kabla, rur wtórnych, złączek, płynu poślizgowego,
- zależne od sprzętu, czyli wdmuchiarki, sprężarki, przewodów powietrznych, odwijaków kabla, dodatkowych głowic itp.,
- zależne od warunków zewnętrznych, czyli od przebiegu trasy kabla, sposobu ułożenia rur wtórnych, pogody, temperatury itp.

### Czynniki z grupy pierwszej

Kable przewidziane do wdmuchiwanie powinny charakteryzować się dużą sztywnością umożliwiającą przeniesienie siły wpychającej od podajnika, a z drugiej strony nadmierna sztywność powoduje zwiększone opory przy



Rys. 4. Metoda tłoczkowa



Rys. 5. Rozkład sił przy wdmuchiwanie strumieniowym

pokonywaniu łuków. Powłoka zewnętrzna kabla powinna mieć jak najmniejszy współczynnik tarcia w zetknięciu z rurą osłonową. Jednocześnie musi być odporna na dzia-

# MACHNIK

**KRZYSZTOF MACHNIK  
PRZEDSIĘBIORSTWO  
BUDOWNICTWA  
INŻYNIERYJNEGO**

- Przewierci sterowane
- Bezwykopowe renowacje kanalizacji i wodociągów
- Wykonywanie robót instalacyjnych, wodno-kanalizacyjnych

- Roboty hydrotechniczne, melioracyjne, ziemne w zakresie inżynierii lądowej

- Przewierci i przeciski
- Zgrzewanie rur
- Oczyszczalnie ścieków
- Przepompownie ścieków
- Budowa dróg i mostów oraz obiektów kubaturowych
- Budowa wysypisk

Mochnaczka Wyżna 59  
33-380 Krynica Zdrój  
tel. +48 18 476 17 46  
+48 601 074 299  
+48 691 857 805  
fax +48 18 477 87 05  
e-mail: [biuro@machnik.pl](mailto:biuro@machnik.pl)  
<http://www.machnik.pl>



lanie płynu poślizgowego. Rury osłonowe muszą mieć niski współczynnik tarcia i dużą sztywność obwodową, aby nie ulegały deformacji na łukach i nie zmieniały przekroju poprzecznego pod naporem gruntu. Materiał nie powinien utleniać się ani ulegać starzeniu. Współcześnie często stosuje się rury osłonowe wykonane z HDPE z dodatkową wewnętrzną warstwą poślizgową oraz wzdłużnymi rowkami zmniejszającymi powierzchnię styku z kablem. Znakomite efekty dają rury z rowkami spiralnymi o zmiennym kierunku, ale są one stosunkowo drogie i trudno dostępne. Bardzo ważnym elementem rurociągu teletechnicznego są złączki. Muszą zapewniać pełną szczelność i gwarantować idealne połączenie rur bez karbów, uskoków czy deformacji. Płyn poślizgowy musi jak najbardziej zmniejszać tarcie pomiędzy kablem a rurą osłonową. Jednocześnie nie może absolutnie być toksyczny, nie może zwiększać swej lepkości w wysokiej temperaturze, nie może wchodzić w reakcje z materiałem rury lub kabla, starzejąc się nie może powodować sklejanego kabla z rurą osłonową. Do tego powinien być tani i łatwo dostępny.

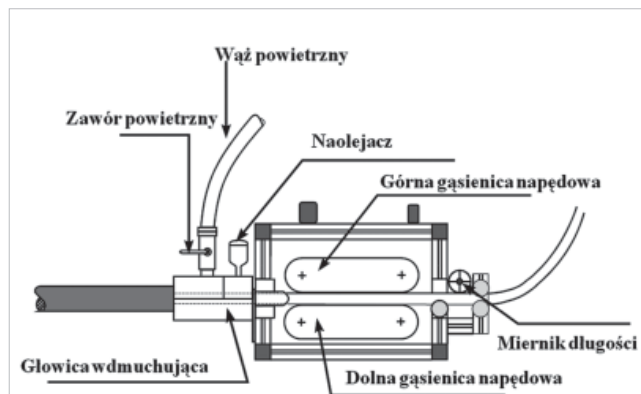
### Czynniki z grupy drugiej

Podstawowym sprzętem jest sprężarka. Minimalne wymagania to ciśnienie powietrza 8 bar i wydatek 8 m<sup>3</sup>/min., a dla metody strumieniowej wydatek 11 m<sup>3</sup>/min. Sprężarka nie powinna być zbyt duża i ciężka, aby nie utrudniać manewrowania. Pożądane jest, aby sprężarka była wyposażona w osuszacz powietrza oraz chłodnicę powietrza. Nie dopuszczalne jest, aby powietrze było zaolejone. Przewody powietrzne łączące kompresor z wdmuchiwrką muszą mieć odpowiednią do ciśnienia wytrzymałość, powinny być elastyczne i, co najważniejsze, mieć złącza gwarantujące trwałe i bezpieczne połączenie oraz nie dławiące przepływu powietrza.

Wdmuchiwrka, czyli bardziej elegancko „przyrząd do mechaniczno-pneumatycznego wdmuchiwania kabli”, to serce każdego systemu do wdmuchiwania.

Wdmuchiwrka składa się przede wszystkim z głowicy wdmuchującej oraz podajnika. Głowica wdmuchująca jest to przyrząd, w którym dzięki systemowi uszczelnień oraz dyszom sprężone powietrze wprowadzane jest wraz z kablem do rury osłonowej wywołując jego ruch postępowy. Bardzo ważny jest dobór materiału uszczelnień, tak aby nie wywoływały one nadmiernego tarcia o płaszcz kabla. Istotną jest również geometria dysz odpowiednio kształtująca przepływ strugi powietrzem nie dopuszczając do powstania szkodliwych zawirowań. Łatwość dostosowywania osprzętu głowicy do średnicy wdmuchiwanego kabla decyduje o szybkości i komforcie pracy obsługi. Podajnik to urządzenie w sposób mechaniczny wywołujące ruch kabla do przodu. Podajniki mogą być:

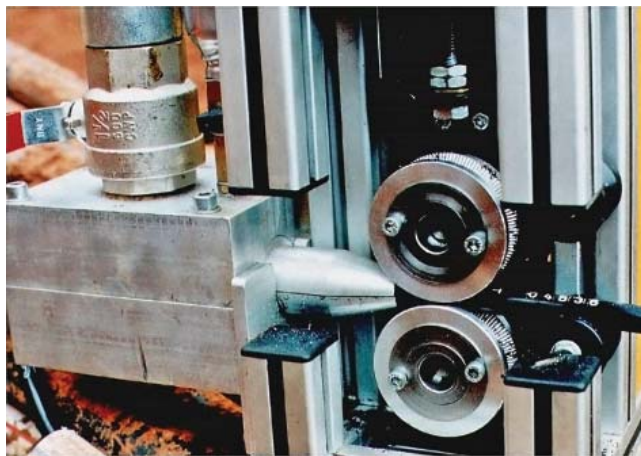
- rołkowe – te są najmniej wydajne oraz dość niebezpieczne dla kabla i w tej chwili odchodzą już w zasłużoną niepamięć,
- gąsienicowe – najbardziej rozpowszechnione i najefektywniejsze, szczególnie zalecane do wdmuchiwania na długich trasach oraz przy ciężkich kablach (rys. 7).
- z tarczami zębatami – zalecane dla metody strumieniowej (zęby tarcz wygniatają na płaszczu kabla poprzeczne zagłębienia zwiększające wydatnie siłę ciągnącą kabel). Ze względu na małe gabaryty i niewielki ciężar znakomite do pracy w miastach na krótszych trasach (rys. 8).
- z paskami zębatami – niezbyt godne polecenia ze względu



Rys. 6. Schemat wdmuchiwrki



Rys. 7. Wdmuchiwrka z podajnikiem gąsienicowym



Rys. 8. Podajnik z tarczami zębatami



Rys. 9. Wdmuchiwrka z napędem hydraulicznym

du na bardzo szybkie zużycie pasków. Ich podstawowa zaleta to niska cena. Ze względu na sposób napędu podajnika możemy rozróżnić: elektryczne, pneumatyczne i hydrauliczne. Te pierwsze dość rzadko stosowane, pneumatyczne są najbardziej rozpowszechnione, a hydrauliczne stosuje się do bardzo ciężkich i sztywnych kabli. Można przy ich pomocy wdmuchiwać nawet kable miedziane (rys. 9).

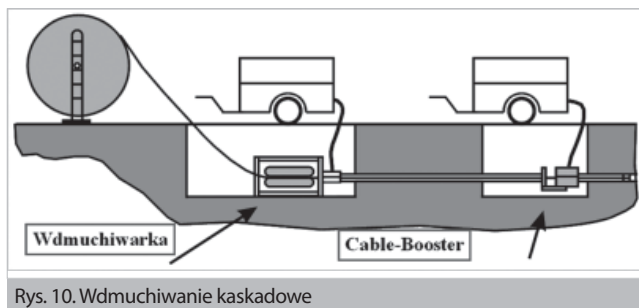
Ważne jest, aby kabel podawany do wdmuchiarki mógł swobodnie odwijać się z bębna a jednocześnie, aby nie dopuścić do nadmiernej prędkości bębna, co może doprowadzić do splątania i uszkodzenia kabla. Bębny powinny być umieszczane na łożyskowanych osiach na specjalnych stojakach lub przyczepach wyposażonych w hamulec pozwalający kontrolować prędkość odwijania.

Urządzeniem, które warto omówić jest tzw. karuzela. Jeśli mamy na bębnie 3000 m kabla, to na pewno nie uda się ich wdmuchnąć w jednym kierunku przy użyciu jednej maszyny. Wdmuchujemy więc około 1500 m, a następnie pozostałą długość przy użyciu podajnika wdmuchiarki wprowadzamy do specjalnego kosza z ramieniem układającym kabel. To jest właśnie karuzela. Następnie po odwróceniu wdmuchiarki i pobieraniu kabla z kosza wdmuchujemy resztę długości w drugą stronę. W celu zwiększenia zasięgu wdmuchiwania można kaskadowo połączyć kilka wdmuchiwarek lub wdmuchiwarke i głowice dodatkowe, tzw. „cable booster”. Wymaga to jednak także zastosowania większej ilości kompresorów (rys. 10).

Istnieje także możliwość wdmuchiwania dwóch kabli jednocześnie lub dodmuchiwanie kabla do rury osłonowej, w której jest już jeden kabel. Przyrząd umożliwiający tę operację to „złącze Y”.

### Czynniki z grupy trzeciej

Zasięg wdmuchiwania ze względu na przebieg trasy kabla może zmienić się bardzo mocno. Każdy łuk powoduje skrócenie odległości. Także wdmuchiwanie pod górę zmniejsza zasięg. Wysoka temperatura otoczenia, szczególnie jeśli kompresor nie jest wyposażony w chłodnicę powietrza, powoduje podgrzanie kabla, a w konsekwencji zmniejszenie jego sztywności, co zmniejsza wydajność dopychania. Także mniejsza gęstość gorącego powietrza obniża wartość siły ciągnącej kabel. Wysoka temperatura obniża także skutecz-



Rys. 10. Wdmuchiwanie kaskadowe

ność działania płynu poślizgowego.

Wysoka wilgotność powietrza w temperaturze kilku stopni powyżej zera może spowodować znaczne komplikacje. Rozprężające się w silniku pneumatycznym powietrze obniża gwałtownie swoją temperaturę, co prowadzi do zamarznięcia zawartej w nim pary wodnej i oblodzenia, a w konsekwencji zablokowania silnika. Może dojść także do oblodzenia wnętrza głowicy wdmuchującej. Zalecane jest więc stosowanie osuszaczy powietrza.

Przy omawianiu wdmuchiwania kabli światłowodowych należy wspomnieć o pewnej mutacji tej technologii opracowanej i dość często stosowanej w Skandynawii. Chodzi o wprowadzanie kabli w rury osłonowe przy użyciu wody pod ciśnieniem. Jest oczywiste, że siła ciągnąca wywoływana przez tarcie wody o kabel jest większa niż przy użyciu powietrza. Metodę „wplukiwania” (tak pozwoliłem sobie ją nazwać) można stosować przy użyciu standardowych wdmuchiwarek, należy jedynie zastosować inne, sztywniejsze uszczelki. Oczywiście trzeba zapewnić osobne zasilanie silników i siłowników pneumatycznych sprężonym powietrzem. Dodatkowo trzeba zastosować pompy wody i zapewnić jej recyrkulację. Wyniki osiągane przy tej metodzie budzą szacunek. Znane są instalacje nawet 7000 m kabla w jednym kierunku.

### LITERATURA

- [1] Prezentacja firmowa – Gamm-Bud 2005 r.
- [2] Alles Wissenswerte zur luftunterstützten Kabelverlegung – materiały firmowe Lancier-Cable GmbH 2006 r.
- [3] Urządzenia do instalowania kabli telekomunikacyjnych i teleinformatycznych – materiały firmowe PLUMETTAZ SA 2001 r.



#### MONITORING KANALIZACJI

- Monitoring kanalizacji (od 100 do 2000 mm) kamerą wizyjną z zapisem na CD, DVD lub VHS.
- Czyszczenie i monitoring kanałów wentylacyjnych klimatyzacyjnych.

#### USŁUGI KANALIZACYJNE

- Czyszczenie i udrażnianie kanalizacji metodą ciśnieniową, mechaniczną i bakteriologiczną z wywozem osadu.
- Czyszczenie kanałów sanitarnych deszczowych w pełnym zakresie średnic przewodów.
- Czyszczenie uzbrojenia sieci kanalizacyjnej: wpustów ulicznych, pionów deszczowych, studzienek rewizyjnych.
- Wycinanie korzeni wrosniętych w przewody kanalizacyjne.

#### Szczegółowe informacje:

Tel.: (022) 666 17 14 / 666 17 15  
 Fax: (022) 666 17 16  
 Tel. kom.: 0 604 531 607  
 w godzinach od 6:30 do 15:30  
 e-mail: biuro@kozak-zk.pl  
 www.kozak-zk.pl

