

## Zagadnienia hydrauliczne w systemach nawodnień kroplowych

### 1. Różnice między nawodnieniami kropłowymi a innymi typami nawodnień.

Nawodnienia kropłowe różnią się pod względem hydraulicznym od innych typów nawodnień przede wszystkim sposobem dostarczania wody i jej rozchodzenia się w profilu glebowym. Ponadto hydraulika technicznej sieci nawadniającej, pomimo pewnych analogii do sieci deszczownianej, wykazuje znaczne różnice przynajmniej w niektórych swych elementach.

Ze względu na różnorodność problemów hydraulicznych występujących w systemach nawodnień kroplowych /ruch cieczy w ośrodku porowatym i w przewodach zamkniętych/ przedmiotem niniejszego referatu będą tylko niektóre zagadnienia z zakresu hydrauliki sieci technicznej.

### 2. Hydraulika zwilżaczy

Wspólną cechą hydrauliczną różnorodnych typów zwilżaczy stanowią znaczne opory pozwalające na bardzo powolny, kropłowy wyciek z przewodu rozprowadzającego, który pracuje pod określonym ciśnieniem.

Nie wchodząc w szczegóły konstrukcyjne /istnieją dziesiątki różnych rozwiązań/ można wymienić trzy główne parametry decydujące w każdym urządzeniu o natężeniu wydatku: średnicę, długość i zmiany kierunku przewodu roboczego.

Wzór ogólny na wydatek zwilżacza  $q$  / podawany zazwyczaj w  $\text{dcm}^3/\text{h}$  / ma postać:

$$q = a H^b \quad / 1 /$$

gdzie:

- $H$  — wysokość ciśnienia hydraulicznego wyrażona w metrach słupa wody  
 $a, b$  — współczynniki ustalone empirycznie

Teoretycznie biorąc w ruchu burzliwym / strefa kwadratowego prawa oporów / wykładnik  $b = 0.5$ , w ruchu laminarnym /opory proporcjonalne do prędkości / wykładnik  $b = 1$ . Wartości wykładnika  $b$  podawane w katalogach firmowych istotnie mieszczą się w tym przedziale, jakkolwiek w niektórych zwilżaczach występuje  $b < 0.5$ , /4/.

Zwilżacze o wykładniku  $b$  bliskim 0.5 są mniej czułe na zmiany ciśnienia /wydatek proporcjonalny do  $\sqrt{H}$ , natomiast zwilżacze mające  $b$  bliskie 1, są bardziej czułe / wydatek proporcjonalny do  $H$  /. Hydrauliczny typ zwilżacza może więc mieć wpływ na równomierność nawadniania przy ciśnieniu zmiennym wzdłuż przewodu rozprowadzającego.

Współczynnik  $a$  zależy od wymiarów / przede wszystkim od średnicy  $d$  / , materiału i szczegółów konstrukcyjnych zwilżacza i może być dokładnie oszacowany tylko w sposób doświadczalny. W zwilżaczach typu mikrorurek kapilarnych mała zmiana średnicy powoduje znaczną zmianę wydatku, gdyż w tych zwilżaczach przy ruchu laminarnym natężenie przepływu jest proporcjonalne do średnicy w czwartej potęgze  $/d^4/$ . Według obliczeń teoretycznych przy spadku ciśnienia na długości rurki  $\frac{H}{l} = 1$  i przy temperaturze  $20^\circ\text{C}$  istnieje następująca zależność wydatku od średnicy:

Średnica $d$ mm	Wydatek $q$ $\text{dcm}^3/\text{h}$
0.5	0.054
0.9	0.568
1.0	0.866
2.0	13.856

Zmniejszanie średnicy z 1 mm do 0.9 mm powoduje tu zmniejszenie wydatku o przeszło 1/3. Stosunki te świadczą, jak dalece zanieczyszczenie przewodu zwilżacza w czasie eksploatacji może wpłynąć na zmianę wydatków i równomierność nawodnienia.

W ruchu laminarnym nie bez znaczenia jest też wpływ temperatury /zmiana współczynnika lepkości wody/, co ilustruje zestawienie poniższe.

Temperatura °C	Wydatek względny
10	76
20	100
30	125

W ruchu burzliwym zmiany lepkości wody mogą być pominięte.

Obliczanie wydatków zwilżaczy za pomocą wzorów teoretycznych może dać tylko wartości orientacyjne, przybliżone.

W celu zapewnienia prawidłowej pracy systemu kroplowego konieczne jest nie tylko kalibrowanie sprawdzające nominalny wydatek instalowanych urządzeń, lecz także / a może przede wszystkim / okresowe kontrolowanie wydatków w czasie eksploatacji.

## 2. Przewody rozprowadzające

Ze względu na małą rozstawę zwilżaczy /niejednokrotnie 2-3 sztuki na 1 m / można przyjmować, że przewód rozprowadzający pracuje z ciągłym rozbiorem na trasie. Założenie to pozwala na zestawienie różniczkowych równań ruchu /5,8/, których rozwiązanie analityczne nie jest banajmniej łatwe, ponieważ wydatek kolejnych zwilżaczy zależy od ciśnienia zmiennego na długości przewodu.

Przyjmowanie stałego wydatku zwilżaczy / uproszczenie stosowane w obliczeniu sieci deszczowniczej / ułatwia wprawdzie rozwiązanie równań ruchu, ale może dawać niezgodny z rzeczywistością obraz przebiegu linii ciśnień, która decyduje o zmienności wydatku zwilżaczy. Potrzebne są w tym przypadku dodatkowe obliczenia sprawdzające dopuszczalność założonego równomiernego rozkładu wydatków wzdłuż przewodu.

Jako wskaźnik równomierności /2/ stosowane jest proste wyrażenie:

$$P = \left| \frac{q_1 - q_n}{q} \right| \% \quad / 2 /$$

gdzie:

- $q_1, q_n$  — wydatki pierwszego i ostatniego zwilżacza
- $q$  — nominalny wydatek zwilżacza według założeń projektu.

Przyjmuje się na ogół, że wskaźnik P powinien być mniejszy od 10%. Poza wymienionym wskaźnikiem stosowane są też wskaźniki bardziej złożone /np. Christiansena lub wskaźnik EU, /2,4 /.

Uzyskanie odpowiedniej równomierności wydatków zwilżaczy wymaga takiego dobrania parametrów przewodu /średnica, długość, chropowatość, prędkości/, aby straty hydrauliczne nie wpływały nadmiernie na zmienność linii ciśnień piezometrycznych wzdłuż przewodu. Ścisłe rozwiązanie tego zadania jest dość skomplikowane, a wyznaczone wysokości ciśnień piezometrycznych będą zależą między innymi od upraszczających założeń energetycznych / 5, 8 / wprowadzanych do ogólnego równania ruchu ze zmiennym przepływem na trasie /Rys. 1/.

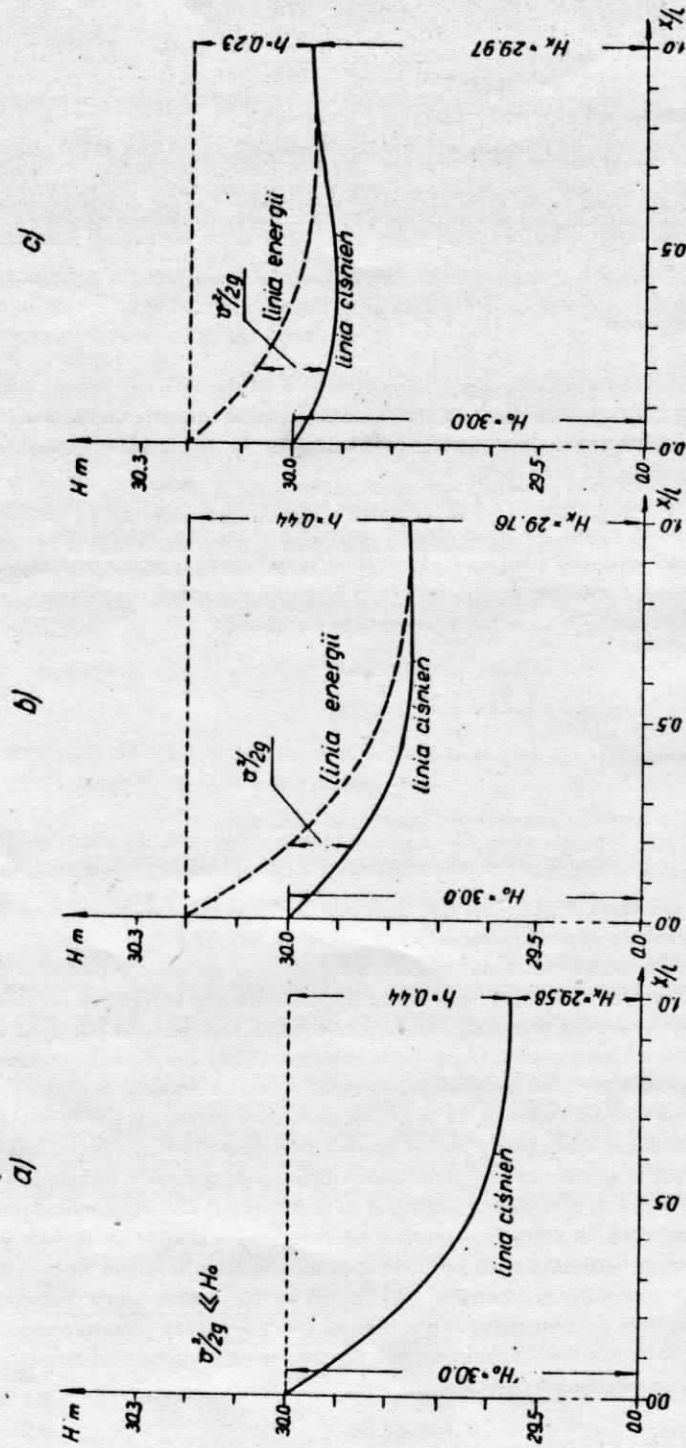
Z przykładu podanego na rys. 1c. wynika, że w przewodach rozprowadzających można osiągnąć korzystny przebieg linii ciśnień zapewniający małe straty hydrauliczne i stosunkowo równomierny wydatek zwilżaczy.

Niektóre metody analityczne wymiarowania przewodów rozprowadzających z uwzględnieniem utrzymania strat hydraulicznych w określonych granicach zestawione są w publikacji /5/. Poza metodami analitycznymi stosowane są metody numeryczne, w których przyjmuje się rzeczywisty punktowy rozbiór wody.

Ponieważ na wysokość strat hydraulicznych, poza chropowatością ścian, wywiera wpływ prędkość przepływu, przeto jednym z możliwych sposobów wyrównania linii ciśnień byłoby instalowanie przewodów o średnicach większych niż stosowane ogólnie do transportu małych ilości wody /7/. Przy pozostawieniu zaś niekorzystnego przebiegu linii ciśnień można by osiągnąć równomierność wydatków za pomocą zróżnicowania wielkości zwilżaczy, lecz sposób ten nie jest rozpowszechniony /4/.

### Przewody doprowadzające i główne

Rozważania nad pracą przewodów zasilających przewody rozprowadzające /3/ wykazują, że rozkład ciśnień optymalny ze względu na koszty, a uzyskany dzięki zmianie średnic wzdłuż przewodu, zbliżony jest do linii prostej. W związku z tym można przyjmować /jako założenie do obliczeń / linię ciśnień piezometrycznych w postaci prostej o stałym nachyleniu i na tej podstawie dobierać średnice na poszczególnych odcinkach przewodu doprowadzającego stosownie do zmniejszającego się przepływu. Zadanie to nie przedstawia żadnych trudności obliczeniowych jako typowe dla ruchu ustalonego w przewodach zamkniętych.



Rys. 1. Różne kształty linii ciśnien piezometrycznych w przewodach z rozbiorem na trasie. Przykład liczbowy [5].  
 a/ bez uwzględnienia zmian energetycznych wynikających ze zmian prędkości i masy przepływu,  
 b/ z uwzględnieniem zmian prędkości, lecz bez uwzględnienia zmian masy przepływu,  
 c/ z uwzględnieniem zmian prędkości i masy przepływu,  
 $H$  — wysokość ciśnien,  $h$  — wysokość strat hydraulicznych

## 5. Uwagi końcowe

W ograniczonych ramach referatu zasygnalizowano tylko niektóre specyficzne zagadnienia hydrauliki nawodnień kropkowych. Z badań publikowanych w obszernej literaturze / z której przytoczono jedynie przykładowo parę pozycji / wynika konieczność:

- szczególnie wnikliwego projektowania sieci nawadniającej, ponieważ zespół urządzeń — zwilżacz, przewód rozprowadzający i przewód doprowadzający — stanowi sytem, którego wszystkie wzajemnie związane elementy rzutują na sprawność i równomierność nawodnień,
- stosowania precyzyjnej kontroli działania umożliwiającej wprowadzenie modyfikacji niezbędnych ze względu na zmiany parametrów hydraulicznych występujące w toku eksploatacji.

Do rozwiązania zadań projektowo-eksploatacyjnych znaleźć można odpowiednie metody obliczeń zarówno analitycznych jak i numerycznych /6/.

## Literatura

1. Buks, D.A., Myers L.E. /1973/. Trickle irrigation-application uniformity from simple emitters. Transactions of the ASAE, s. 1108-1111
2. Howell T.A., Hiler E.A. /1974/. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. Journal of the irrigation and drainage division, IR4. s. 443-454
3. I-pai Wu /1975/. Design of drip irrigation main lines. Journal of the irrigation and drainage division, IR4.
4. Keller J., Karmeli D. /1974/. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE s. 678-684
5. Ostromęcki J. /1978/. Obliczenia hydrauliczne w projektowaniu i eksploatacji systemów nawodnień kropkowych. Wiadomości IMUZ. T. XIII z. 3
6. Perold R.P. /1977/. Design of irrigation pipe laterals with multiple outlets. Journal of the irrigation and drainage division, IR 2.
7. Pira E.S., Purohit K.S. /1974/. Chamber method of subsurface and drip irrigation. Transactions of the ASAE, s. 282-285
8. Petrov G.A. /1951/. Dviżenie židkosti s izmeneniem raschoda vdol'puti. Moskwa.