

### Kilka uwag o metodach wyznaczania ewapotranspiracji potencjalnej i rzeczywistej

Chcąc ze znanego równania bilansowego wyznaczyć niedobory wodne określonych roślin, trzeba dla okresu bilansowania znać wartości opadów i ewapotranspiracji oraz przebieg zmian zapasu wody w glebie.

Każdy z wymienionych składników jest stale i w bardzo wielu krajach przedmiotem badań. Za najtrudniejsze i najmniej dokładne uważa się wyznaczanie ewapotranspiracji rzeczywistej. Na badania jej, /szczególnie nasilone od lat sześćdziesiątych/, kierowane są prawie wszędzie duże środki i potencjały badawcze.

Ewapotranspirację rzeczywistą, oznaczaną dalej ETR, można określać i prognozować w oparciu o wyniki jej pomiarów ewaporometrycznych: gdy są one liczne, a czas pomiarów długi, można je uogólnić w postaci związków empirycznych parowania i jednego, lub częściej-kilku czynników meteorologicznych. Związki te zachowują ważność dla badanego obszaru, rośliny i stosowanej agrotechniki, a zatem trudno wykorzystywać je do prognozowania ETR w innych warunkach, chyba że są one zbliżone do tych, w jakich prowadzono badania. Stąd taki sposób przewidywania ETR będzie właściwy dla celów eksploatacyjnych, tzn. ustalania dawek i terminów nawodnień tylko w skali pola lub gospodarstwa. Natomiast w zastosowaniu do planowania wodno-gospodarczego i nawodnień dużych obszarów, na których ewapotranspiracji rzeczywistej nie mierzą, stosuje się inną metodę określania potrzeb wodnych roślin, polegającą na pośrednim obliczaniu ETR w oparciu o wartość ewapotranspiracji potencjalnej.

Pojęcie ewapotranspiracji potencjalnej /oznaczanej dalej ETP / wprowadził Thornthwaite, definiując ją jako granicę /ETP = lim. ETR /, do której dąży ewapotranspiracja rzeczywista na polu pokrytym bujną roślinnością, nie napotykająca na trudności w poborze wody z gleby. Zdaniem autora, ETP nie zależy od gleby ani od rośliny, tylko od charakterystyk energetycznych i dynamicznych atmosfery, a więc od czynników meteorologicznych.

Obecnie definicją najczęściej przyjmowaną jest określenie ETP jako wartości ewapotranspiracji z dużego, zielonego łanu trawy / w St. Zjedn. A.P. także lucerny / o wysokości 8 - 15 cm, bujnie rozwiniętej, całkowicie zacieniającej glebę, nie napotykającej na trudności w poborze wody /2/. Definicja ta jest istotna, gdyż wprowadzenie jej czyni ETP wielkością mierzalną. Obie definicje nie wykluczają się, lecz uzupełniają — pierwsza z nich, Thornthwaite'a, określa ETP jako wielkość charakterystyczną zjawiska fizycznego, druga mówi, jak tę wielkość mierzyć.

Rozpowszechnienie w praktyce i w nauce wielkości ETP jako wskaźnika do oceny potrzeb wodnych tłumaczy się tym, że:

- można wyznaczyć ją z danych meteorologicznych na podstawie praw fizyki,
- możliwe są pomiary jej wartości /są one jednak trudne, stąd też wykonuje się ich niewiele /,
- niedobory wodne wyznaczone w oparciu o ETP są dość zgodne z rzeczywistymi,
- istnieje możliwość operowania wielkością, która z jednej strony może być obliczona na podstawie jednakowo na całym świecie zdefiniowanych i mierzonych elementów meteorologicznych, z drugiej, w sposób jeżeli nie ujednotliwiony, to zbliżony, zmierzona. Stwarza to możliwość wymiany jednakowo rozumianych informacji, porównywania ich i wykorzystywania.

Aby obliczyć ewapotranspirację rzeczywistą, mając dane ETP, trzeba znać współczynnik przeliczeniowy

$$K = \frac{ETR}{ETP}$$

zdefiniowany jako stosunek ewapotranspiracji rzeczywistej, rozpatrywanej rośliny w danym okresie jej rozwoju do ewapotranspiracji potencjalnej. Nazywany jest on współczynnikiem plonu /crop coefficient / w krajach anglosaskich, u nas często współczynnikiem biologicznym.

Wartości jego są różne dla różnych roślin oraz w różnych częściach okresu wegetacyjnego danej rośliny.

Metody wyznaczania ETP są bardzo liczne, ocenia się, że istnieje ponad 200 wzorów, wyprowadzonych teoretycznie lub na podstawie statystycznego opracowania pomiarów. Wiążą one ETP bądź z danymi meteorologicznymi, bądź, rzadziej, z parowaniem ze swobodnej powierzchni wodnej, mierzonym w lizymetrach.

W praktyce rolniczej szersze zastosowanie znalazło tylko kilkanaście z licznych wzorów, np. z bardziej znanych, wzór: Alpatiewa, Blaney'a - Griddle'a, Brochet'a-Gerbiera, Christiansena, Konstantinowa, Makkinka, Penmana, Rijtemy, Thornthwaite'a, Turc'a, w kraju - Ostropęckiego dla ETR i Matula-ETP.

J. Doorenbos i W.O. Pruitt w 1977 r. udowodnili, /3/, że istnieje możliwość dostosowania niektórych istniejących wzorów do różnych warunków klimatycznych przez wprowadzenie uwzględniających je poprawek. Poprawkami takimi operują zalecenia FAO /Irrigation and drainage paper 24 FAO 1975/ /2/.

W pracy S. Sarnackiej i inn. /4/ przeprowadzono wstępną analizę 10 znanych wzorów /Penmana I i II, Blaney'a-Griddle'a, wzoru radiacyjnego FAO-Makkinka, Brochet'a i Gerbier'a, Thornthwaite'a, Turca, Matula, Grabarczyka i Baca / wybranych wg określonych kryteriów, celem stwierdzenia możliwości stosowania ich w naszych warunkach do wyznaczania ETP.

Wyniki badań na stacji Swojec k/Wrocławia w pięcioletnim okresie obserwacji roślin /owsa, pszenicy ozimej, mieszanki jarej strączkowo-zbożowej i ziemniaków / wykazały, że w okresach krytycznych rozwoju roślin wartości ETP obliczone wzorem Penmana I /modyfikacja francuska/ są dość bliskie wartościom ETR pomierzonym. Wzór Penmana cechuje się najpełniejszą podbudową teoretyczną, a jego stosowanie, prawie we wszystkich krajach świata, świadczy o przydatności dla praktyki. Te dwa względy sprawiły, że wybrano go do dalszych analiz szczegółowych /dziesięcioletni okres, 17 stacji rozmieszczonych w różnych częściach kraju/, wraz z dwoma innymi wstępnie rozpatrywanymi.

Wzór Penmana w naszej praktyce nie był dotąd często stosowany. W pewnym stopniu taki stan rzeczy można tłumaczyć występowaniem w nim licznych, różniących się od siebie wyrażen empirycznych. Ich różnorodność w licznych modyfikacjach wzoru Penmana nasuwać może przypuszczenie, że są w nich zawarte wpływy lokalne. Wątpliwości w tym zakresie usunięto w opracowaniu S. Sarnackiej i inn. /4/, przyjmując francuską modyfikację wzoru Penmana, opracowanego dla warunków klimatycznych zbliżonych do naszych. Badania sprawdzające, o których wspomniano uprzednio, potwierdziły słuszność tego założenia.

Druga przeszkoda, która ogranicza stosowanie wzoru Penmana — /duża liczba uwzględnionych elementów meteorologicznych/ może być usunięta przez wprowadzenie uproszczonych postaci wzoru. Z istniejących uproszczeń wybrano jako sprawdzony w warunkach zbliżonych do naszych /we Francji/ wzór Brochet'a i Gerbier'a /1/.

Ma on następującą formę:

$$ETP \text{ mm doba}^{-1} = m \cdot R_g + nE_p$$

Współczynniki  $m$  i  $n$  zależne są, jak wykazali wspomniani autorzy /1/, tylko od szerokości geograficznej oraz czasu /różne w różnych dekadach i miesiącach /.

Dysponując wynikami pomiarów wielkości meteorologicznych z odpowiednio dużej liczby stacji, rozmieszczonych na określonym obszarze /np. w kraju/ można, posługując się wzorem Penmana, ustalić wartości  $m$  i  $n$  dla różnych szerokości geograficznych i dekad.

Dla Francji współczynniki takie określili Brochet i Gerbier, u nas wyznaczono je w wymienionym opracowaniu w IMGW /4/ dla jednej stacji, a obecnie prowadzone są prace dla ustalenia ich dla całego kraju. Mając ustalone wartości  $m$  i  $n$  niezmiennie w latach można ze wzoru:

$$ETP \text{ mm doba}^{-1} = m \cdot R_g + nE_p$$

obliczyć ewapotranspirację potencjalną, dysponując tylko dwoma elementami meteorologicznymi:

$S$  — dobowym usłonecznieniem w godzinach

$E_p$  — parowaniem mierzonym ewaporometrem Pich'a w  $\text{mm doba}^{-1}$ , gdyż pozostałe wielkości  $G_0$  i  $S_0$  w rozwiniętym wyrażeniu  $R_g = G_0 / 0.209 + 0.565 \frac{S}{S_0}$  / są określone czasem / dzień, dekada, miesiąc / roku i szerokością geograficzną.

Praktycznie całkowita zgodność wyników obliczeń we pełnego wzoru Penmana i uproszczonego wg Brochet'a i Gerbier'a uzasadnia dostatecznie korzystanie z tej ostatniej formuły.

Aby wyznaczyć ewapotranspirację rzeczywistą trzeba, jak już wyjaśniono, znać oprócz wartości ETP także współczynnik biologiczny  $k$ . O współczynniku  $k$  można tu powiedzieć znacznie mniej, niż uprzednio o ETP. Jako pewne przyjmuje się, że dla celów eksploatacji, tzn. gdy trzeba obliczyć parowanie rzeczywiste dla ustalenia dawki nawadniającej, jedyną prawidłową drogą uzyskania wiarygodnych wartości  $k$  będą pomiary ewaporometryczne, prowadzone dla wybranej rośliny i pola, na którym się ją uprawia. Wartość  $k$  wyznaczyć więc można dopiero po pewnym okresie prowadzenia badań. Dla celów planowania i projektowania urządzeń nawadniających zadowolamy się zwykle podawanymi w literaturze uogólnionymi wartościami  $k$  dla różnych roślin i dekad lub miesięcy okresu wegetacyjnego.

Wartości  $k$  podane są również w zaleceniach FAO /2/, za którymi podano w tablicy 1 wartości  $k$  dla jabłoni. Współczynniki  $k$  w pracy /2/ są zróżnicowane w zależności od warunków klimatycznych oraz sposobu uprawy pod drzewami /trawy, czarny ugór /.

Współczynniki  $k$  podane w tablicy 1 odnoszą się do klimatu o wilgotności względnej powietrza wynoszącej ponad 70 % i o wiatrach od silnych do umiarkowanych /0 — 5  $\text{m s}^{-1}$  /.

Tabela 1. Wartości współczynnika  $k$  [ $ETR/ = k \cdot ETP/$ ]  
 Jabłoń, pokrycie gleby  $\geq 70\%$ , pn. Europa, klimat wilgotny, wiatry lekkie do umiarkowanych.

Uprawa roślin	Wartości $k$ w miesiącach								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Teren porośnięty / murawa /	–	0.5	0.75	1.0	1.1	1.1	1.1	0.85	–
Czarny ugór /uprawiany, czysty bez chwastów/ – deszcze lub nawadnianie co najmniej co 2-4 tyg.	–	0.45	0.55	0.75	0.85	0.85	0.8	0.6	–

Gdy pokrycie terenu koronami drzew jest mniejsze niż 70 % /młody sad/, wartość współczynnika  $k$  dla okresu od pełnego rozwinięcia się liści do początku ich opadania zmniejsza się o:

Tabela 2.

Uprawa terenu	Pokrycie terenu koronami %	Procent zmniejszenia wartości $k$ %
Teren porośnięty /murawa /	20	10 – 15
	50	5 – 10
Czarny ugór /uprawiany, czysty, bez chwastów /	20	25 – 35
	50	10 – 15

Gdy występują częste deszcze w sadach z murawą lub częste nawadnianie czarnego ugoru, wartości współczynnika  $k$  podane w tablicy zwiększają się w zależności od częstości naturalnego lub sztucznego opadu wg specjalnych wykresów podanych w pracy /2/.

#### Literatura

1. Brochet P., Gerbier N. 1974. L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. Monografie N 65 de la Meteorologie Nationale. Paryz
2. Doorenbos J., Pruitt W.O. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper 24. FAO of the U.N. Rzym
3. Doorenbos J., Pruitt W.O. 1977. Empirical calibration, a requisiter for evapotranspiration formulae based on daily or longer mean climatic data. International Round Table Conference an „Evapotranspiratio” R. 3/26
4. Sarnacka S., Brzeska J., Świerczyńska H. 1977. Opracowanie metody określania potrzeb wodnych produkcji roślinnej w rolnictwie w oparciu o wyniki dotychczasowych badań krajowych i obcych. Etap I. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa. /w druku/.