

dr inż. Piotr HEWELKE Katedra Melioracji Rolnych
i Leśnych SGGW-AR w Warszawie

dr inż. Vaclav KUKLIK Katedra Melioracji Rolnych
VSZ w Pradze

ZMIANY UWILGOTNIENIA GLEBY POD WPLYWEM ZWILŻANIA KROPOWEGO

Wprowadzane ostatnio nowe metody nawodnień dążą do podawania wody bezpośrednio do systemu korzeniowego. Tendencję tę z punktu widzenia fizjologii większości roślin uprawnych jak i ekonomiki zasobów należy uznać za uzasadnioną. Szczególnie dobre efekty pod względem uzyskiwanych plonów oraz gospodarowanie wodą i nawozami daje system nawodnień kropłowych. Zastosowanie tego systemu przede wszystkim w sadach, szkółkach, plantacjach roślin jagodowych i uprawach szklarniowych ma dużą perspektywę również z uwagi na niewielką ilość czynników ograniczających natury technicznej i eksploatacyjnej. W zakresie nawodnień kropłowych powstała znaczna ilość rozwiązań technicznych poszczególnych elementów systemu jednak podstawy projektowania i eksploatacji nie zostały wystarczająco rozwinięte. Niezbędne są dalsze badania zwłaszcza nad problematyką ruchu wody w glebie podczas nawodnienia, wielkością dawek polewowych, czasami międzynawodnieniowymi oraz hydrauliką przewodów rozprowadzających. Przyjmowanie analogii do systemu deszczownianego nie zawsze jest tu w pełni słuszne. W szczególności ruch wody w glebie przy jej kropłowym dostarczaniu nie znajduje dobrego odpowiednika w innych typach nawodnień. Określenie skuteczności działania pojedynczego zwilżacza pod kątem zmian uwilgotnienia gleby stanowi specyficzny problem nawodnień kropłowych i jest przedmiotem badań autorów.

Znajomość przebiegu procesu infiltracji pozwala na określenie wymiarów i objętości nawadnianej bryły gleby co jest niezbędne dla ustalenia zasięgu zwilżacza i jednorazowej dawki polewowej. Ruch wody w profilu glebowym a tym samym zasięg zwilżania jest zależny od rodzaju gleby i jej wilgotności początkowej, wydatku zwilżacza oraz czasu trwania nawodnienia. Określenie skutecznego zasięgu działania zwilżacza /r/ w płaszczyźnie poziomej dla danej gleby, miąższości warstwy nawadnianej /h/ oraz wydatku /q/ warunkuje właściwe rozmieszczenie rurociągów rozprowadzających wodę i końcówek nawadniających.

Celowa głębokość zwilżania gleby wynika z głębokości korzenia się i rozkładu masy korzeniowej roślin. Jest ona przyjmowana, podobnie jak w przypadku nawodnień deszczownianych, w zależności od gatunku nawadnianej rośliny i wynosi maksymalnie około 0,6 m /4/. Tak więc głębokość zwilżania profilu glebowego jest parametrem narzucanym przez projektanta i stanowi pewnego rodzaju warunek graniczny dla procesu nawodnienia. Wielkość ta nie powinna być przekraczana z uwagi na bezproduktywny odpływ wody i ewentualne przemieszczanie składników pokarmowych w głąb gleby.

Przebieg nawodnienia zależy istotnie od rodzaju gleby, a głównie od jej składu mechanicznego, agregatowego, stanu powierzchni i wilgotności początkowej ponieważ czynniki te decydują o przewodności wodnej ośrodka glebowego. Wilgotność początkowa jest wielkością graniczną dla zachowania w glebie warunków zbliżonych do optymalnych dla przyrostu biomasy. Jest ona dość powszechnie przyjmowana na poziomie 0,7 - 0,8 połowej pojemności wodnej. Lini autorzy /m.in. 6, 10/ operując pojęciem ssania gleby całkowitego określają omawiany próg na 300 do 500 hPa.

Opis matematyczny procesu zwilżania gleby, traktowanej jako nienasycony ośrodek porowaty, ze źródła wody punktowego jest skomplikowany. Rozwiązanie jednokierunkowego tranzytu wody przy zasi-

laniu odpowiadającym nawodnieniom zalewowym lub deszczownianym podawane przez wielu autorów /m.in. 6, 7/, podobnie jak i rozwiązanie Rubina /9/ dla przypadku tranzytu dwukierunkowego nie mają pełnego zastosowania przy opisie ruchu wody zwilżającej ośrodek glebowy w sposób punktowy i kropłowy. Należy podkreślić, że nawodnienie kropłowe charakteryzuje się tym, że woda dostaje się do gleby punktowo i następnie rozprzestrzenia się we wszystkich kierunkach w związku z tym wilgotność ośrodka bezpośrednio pod zwilżaczem jest największa, a w miarę oddalania się od ośrodka zasilania maleje do wartości początkowej. Zwilżanie powierzchni gleby, w przeciwieństwie do innych typów nawodnień powierzchniowych jest powolne. Podstawy do analitycznego rozwiązania "infiltracji kropłowej" prezentuje częściowo Philip /8/ i Weeding /11/. Pełne omówienie teoretyczne wraz z matematycznym opisem procesu wielowymiarowej infiltracji ze źródła punktowego przedstawiają Brandt /2/ i Bresler /3/ wykorzystując równanie przepływu dyfuzyjnego w formie podanej przez Millera i Klutego /7/ dla modelu przepływu płaskiego i cylindrycznego. Rozpatrują oni homogenny i izotropowy ośrodek glebowy nie podlegający zmianom w czasie nawodnienia. Uzyskane wyniki na drodze rozwiązań numerycznych korespondują z rezultatami otrzymanymi na drodze badań laboratoryjnych i polowych /3/ jednak zakres weryfikacji modelu jest wąski. Wykorzystanie modelu do celów praktycznych wymaga oczywiście znajomości współczynników dyfuzji i przewodnictwa wodnego nienasyconego ośrodka glebowego.

Inni badacze /Roland, Smart, Dunn/ /12/ próbują uzyskać na drodze eksperymentalnej zależności między zasięgiem zwilżacza / r / w kierunku poziomym i pionowym / h /, a ogólną ilością doprowadzanej wody / a /. Podejście to wydaje się słuszne i rokuje wymiarowanie norm praktycznych dla projektowania i eksploatacji systemów lecz nieuwzględnianie lub niedocenicenie wpływu wydatku zwilżacza na poszukiwane parametry może prowadzić do znacznych błędów.

Podawane dotychczas w tym zakresie uogólnienia / 1/ bazują na stosunkowo niewielkiej ilości doświadczeń w związku z czym wymagają poszerzenia i uściślenia. Również nie zawsze wyniki badań uzyskiwane przez poszczególnych autorów są zbieżne co może wynikać z różnic pojęciowych jak wspomnianych wyżej przyczyn metodycznych. Przykładowo podawane m.in. przez Belčera / 1/ średnice konturu zwilżenia na powierzchni gleby nie muszą pokrywać się z jego poziomym zasięgiem ponieważ, jak już wspomniano wcześniej zwilżenie powierzchni gleby następuje powoli lub w praktyce może ono wystąpić w obrębie mniejszym niż jego rzeczywiste i skuteczne działanie. Jest to pewna sprzeczność z modelem Brandta i Breslera, lecz zjawisko takie zaobserwowano w przeprowadzonych doświadczeniach. Poza tym stwierdzono, że ocena poziomego konturu zwilżenia w oparciu o stan powierzchni jest zawodna z uwagi na zjawisko parowania powodujące przesuszanie cienkiej warstewki gleby już w trakcie eksperymentu co może mieć istotne znaczenie na wspomnianą ocenę zwłaszcza przy większych odległościach od zwilżacza.

Prowadzone przez autorów badania zmian uwilgotnienia w wyniku kroplowego dostarczania wody obejmowały dwa naturalne profile gleb gliniastych /Tab. 1/. Dostarczanie wody realizowano stosując następujące warianty wydatku źródła:

gleba A - 1,5; 3,6; 6,0 $\text{dcm}^3\text{h}^{-1}$

gleba B - 5,2; 10,3 $\text{dcm}^3\text{h}^{-1}$

Odpowiadające wydatkom i czasom trwania nawodnienia dostarczone ogólne ilości doprowadzonej wody wynosiły:

gleba A - ... 18,0; 18,0; 30,0 dcm^3

gleba B - ... 31,2; 61,8 dcm^3

Pomiar wilgotności w obrębie strefy zwilżanej prowadzono poprzez pobranie prób gleby do głębokości 0,6 m w sześciu poziomach co 0,1 m. W każdym poziomie pobierano próby co 0,15 lub 0,20 m do odległości 0,9 m od zwilżacza. Rozkład wilgotności gleby w strefie

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczne badanych gleb

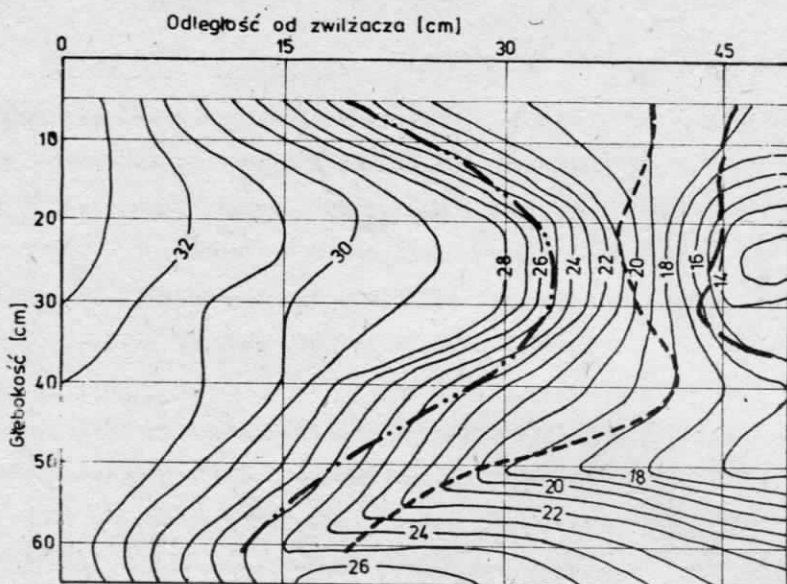
Warstwa cm	Skład mechaniczny, zawartość frakcji o średnicy o mm w %			Porowa- tość %	Polowa pojem- wodna %
	1	0,1 - 0,1	0,1 - 0,02		
Gleba A					
0 - 30	2	43	27	28	40
30 - 60	1,5	45,5	25	28	41
Gleba B					
0 - 30	2	11	26	61	41
30 - 60	4	10	17	69	41

zwilżanej po nawodnieniu oraz jej przyrosty w stosunku do wilgotności początkowej podane w postaci izolinii na rys. 1 - 8. Wyniki badań wskazują, że przy zastosowanych wydatkach zasilania od 1,5 do 6,0 dm^3h^{-1} promień skutecznego zasięgu zwilżacza wynosił w granicy około 0,3 - 0, m. Jedynie w przypadku gleby B przy wydatku 10,3 dm^3h^{-1} zasięg ten był większy i wynosił ok. 0,6 m. Należy jednak zwrócić uwagę, że występowały tu znaczne ucieczki wody w głąb gleby poza strefę najczęściej przewidzianą do nawodnień tj. do 0,6 m. Uzyskane zasięgi zwilżacza są w każdym przypadku niższe od prezentowanych przez Belčera i Dunna. Zaobserwowane fronty zwilżania są dość nieregularnymi powierzchniami jednak ich kształt jest zbliżony do wycinka elipsy co pozostaje w zgodzie z założeniami i obserwacjami Brandta i Breslera. W przypadku pionowego zasięgu frontu zwilżania skuteczna głębokość zasięgu działania zwilżacza wynosiła około 0,40 - 0,55 m / z wyjątkiem gleby B przy wydatku 10,3 dm^3h^{-1} /. Rozbieżność pomierzonych wartości jest znaczna z podawanymi przez Belčera i Dunna. Przykładowo przy maksymalnej stosowanej ilości dodawanej wody wynoszącej 61,8 dm^3 uzyskiwano odciek poza warstwą 0,6 m natomiast według cytowanych autorów miąższość warstwy zwilżonej powinna wynosić od 0,25 do 0,35 m. Autorzy ci nie podają jednak wilgotności początkowej gleby i wydatku zwilżacza uzależniając jego zasięg jedynie od objętości dostarczonej wody co wydaje się zbyt niskim uroszczeniem.

Uzyskane rezultaty wskazują na konieczność dalszych badań nad zasięgiem strefy zwilżanej dla różnych gleb i wydatku zwilżacza. Ponieważ eksperymenty prowadzone w warunkach polowych obarczone są zawsze pewną niejednorodnością ośrodka, aktualnie analogiczne badania prowadzone są równoległe w warunkach laboratoryjnych na modelu gruntowym z możliwością pomiaru potencjału wody glebowej i dowolnego przyjmowania warunków początkowych.

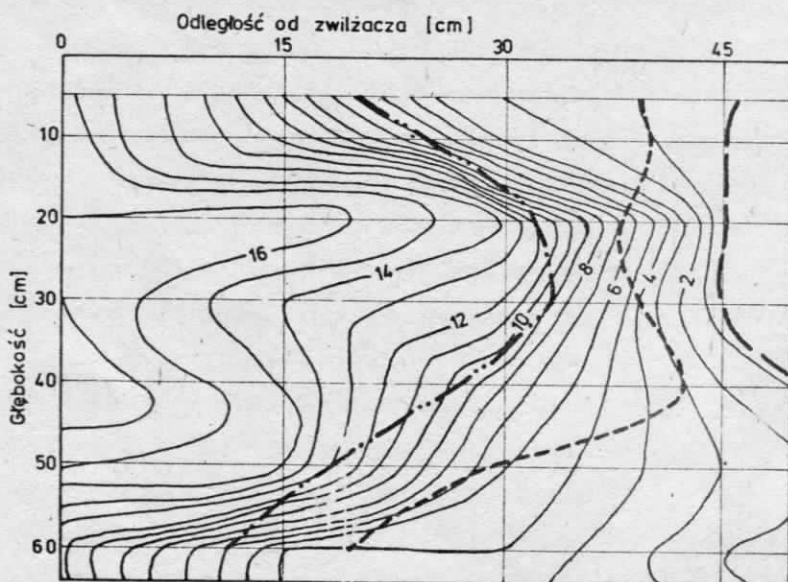
LITERATURA

1. Belčer I. Tymczasowe metodyczne wskazówki projektowania układów nawadniania kropłowego. Instytut Hydrotechniki i Melioracji, Sofia 1979 /tłum. z bułgarskiego, maszynopis Bipromel/.
2. Brandt A. e.a. Infiltration from a trickle source; Z. Mathematical Models, Soil Sci. Amer. Proc., Vol. 35, 1971.
3. Bresler E. e.e. Infiltration from a trickle souce; II. Experimental Data and Theoretical Predictions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 35. 1971.
4. Drupka St. Deszczownie i deszczowanie. PWRiL. Wyd.II 1980.
5. Hanks R. Humeral solution of the moisture flow equation
Bowers S.A. for infiltration into layared, soil. Soil Sci Soc., Amer. Proc., Vol. 26, 1962.
6. Kielak Z. Ocena potrzeb wodnych w oparciu o kryteria glebowe i roślinne. I krajowe sympozjum na temat nawadniania kropelkowego. Skierniewice 1978.
7. Miller E.E. Klute A. The dynamics of soil water. Irrigation of Agricultural Lands. Agronomy. R.M. Hagen et al. /ed./ 1967.
8. Philip J.R. Steady infiltrations from buried point sources and spherical carities. Water Re sour. Res. 4. 1968.
9. Rubin J. 1966 Numerical analysis of ponded rainfall infiltration. Proc. Symposium on water on the unsaturated zone. Wageningen. The Netherlands 1966.
10. Słowik K. Deszczowanie roślin sadowniczych. PWRiL, W-wa'73.
11. Weeding R.A. Steady infiltration from shallow circular pond. Water Resour. Res. 4, 1968.
12. Vermairen I. Jebbing G.A. Irrigation and Drainage Paper. Localized irrigation 36. 1980.

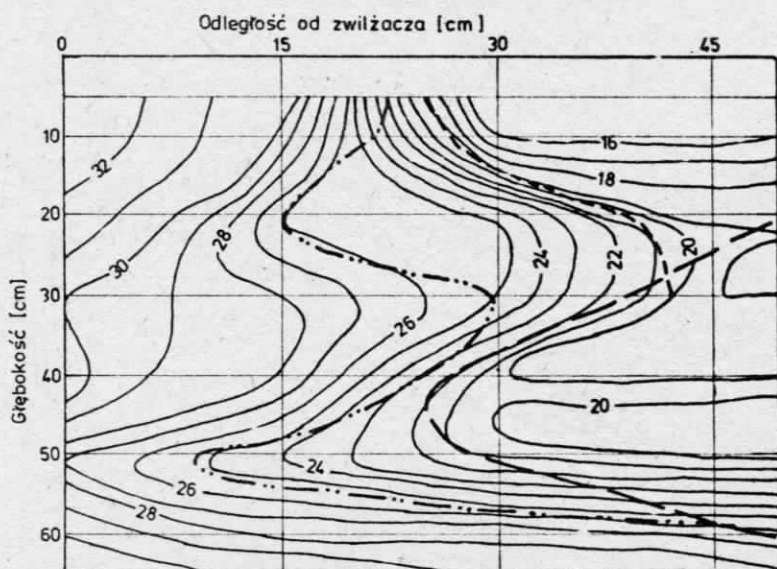


Rys.1 Rozkład uwilgotnienia w profilu gleby A (głina lekka pyłasto) przy zwilżaniu punktowym $q=1.5 \text{ dcm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $Q=18 \text{ dcm}^3$

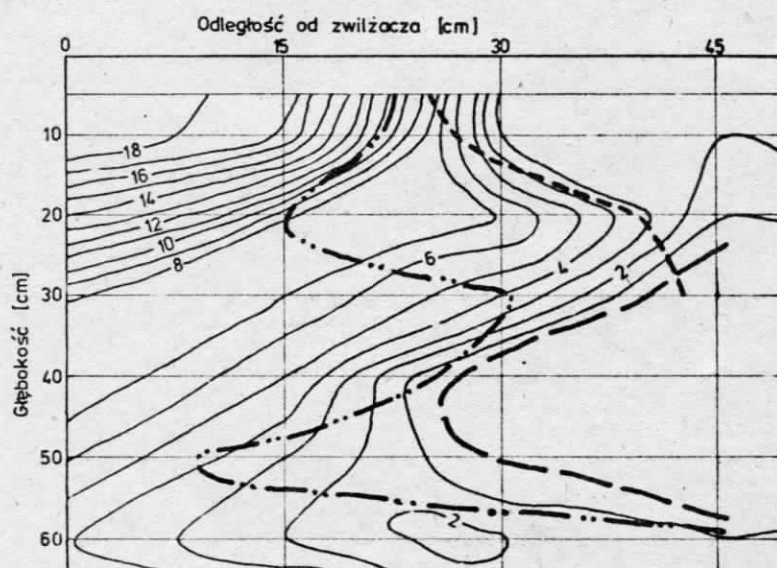
- · · — · · — wilgotność połowa PPW
- - - - - 0,8 PPW
- — — — — wilgotność początkowa



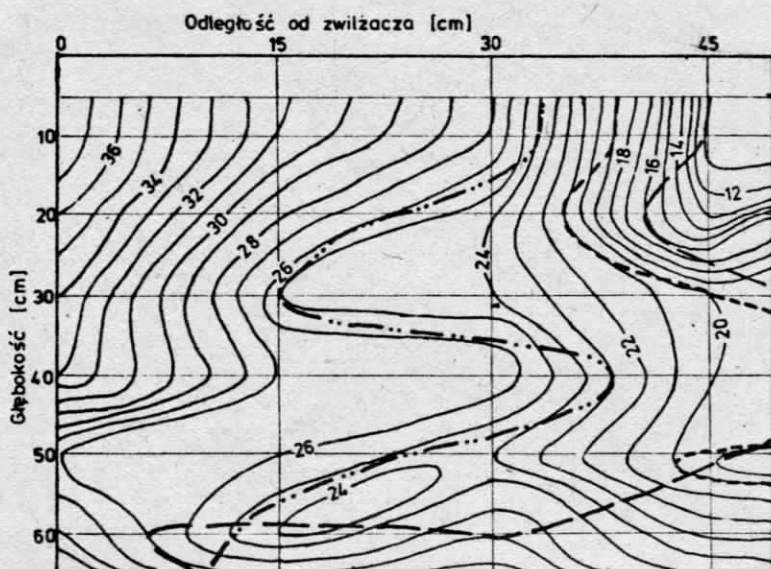
Rys.2 Rozkład przyrostów wilgotności w stosunku do wilgotności początkowej warunki j.w.



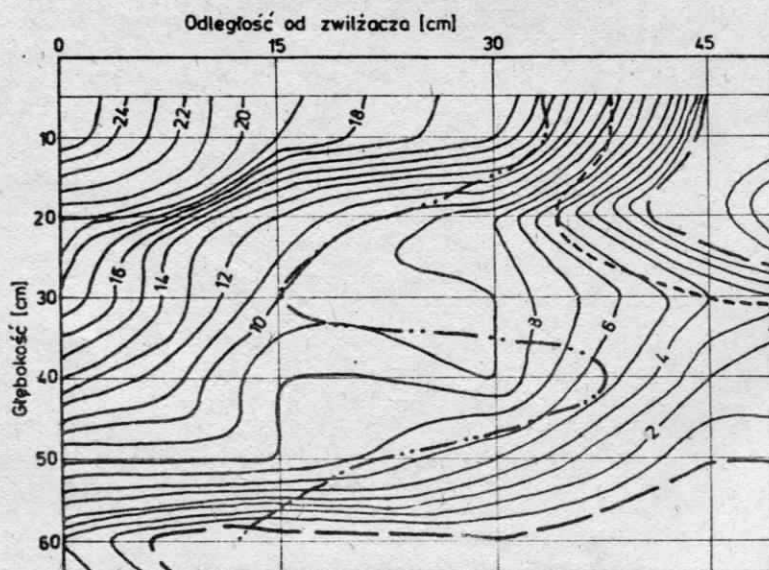
Rys. 3 Rozkład uwilgotnienia w profilu gleby A przy zwilżaniu punktowym, $q=3.6 \text{ dcm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $Q=18 \text{ dcm}^3$



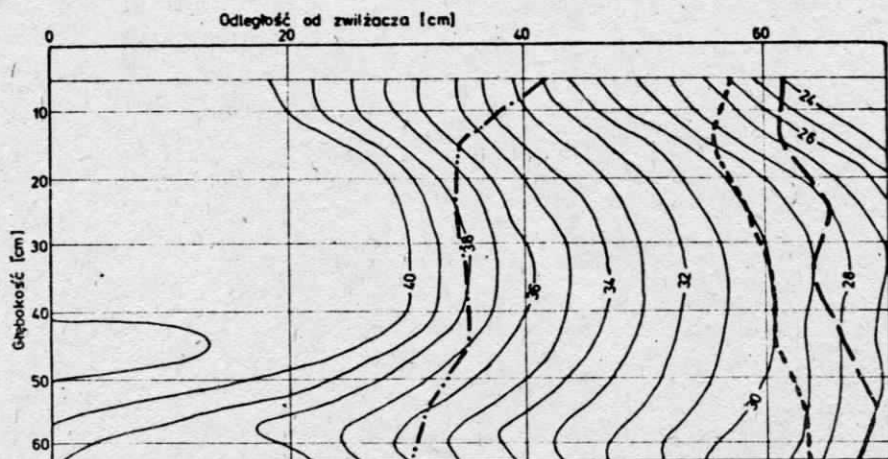
Rys. 4 Rozkład przyrostów wilgotności w stosunku do wilgotności początkowej, warunki j.w.



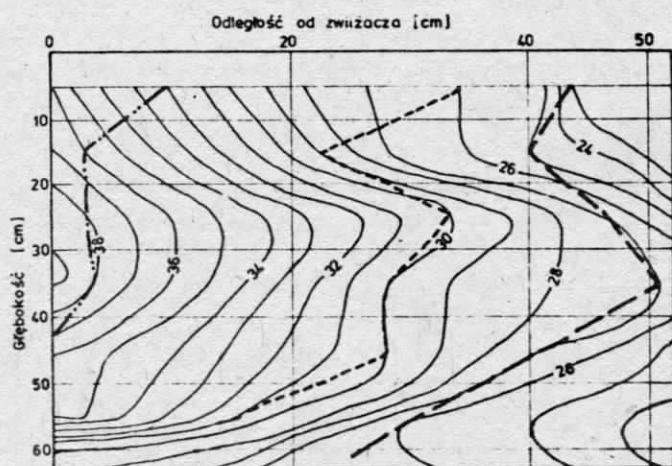
Rys.5 Rozkład uwilgotnienia w profilu gleby A przy zwilżaniu punktowym, $q=6 \text{ dcm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $Q=30 \text{ dcm}^3$



Rys.6 Rozkład przyrostów wilgotności w stosunku do wilgotności początkowej, warunki j.w.



Rys.7 Rozkład uwilgotnienia w profilu gleby B (głina ciężka pylasta) przy zwilżaniu punktowym, $q=10.3 \text{ dcm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $Q=61.8 \text{ dcm}^3$



Rys.8 Rozkład uwilgotnienia w profilu B przy zwilżaniu punktowym, $q=5.3 \text{ dcm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $Q=31.2 \text{ dcm}^3$