

BODOVÁ ZÁVLAHA PRO LOKALITU BUCHEL NA SEVERU POUŠTĚ GOBI V MONGOLSKU

P. Spitz, J. Filip

Došlo: 19. prosince 2008

Abstract

SPITZ, P., FILIP, J.: *Point irrigation for locality Buchel in the north desert Gobi in Mongolia*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 2, pp. 115–124

The design of point irrigation, created by Filip *et al.* (2007), was worked up as the bilateral projekt in the frame of abroad developing cooperation between the Czech Republic and Mongolia „Rehabilitation of plant production in semiarid territories of northern Gobi”. The period of project realization are years 2006–2009. The responsible institution for the project is Ministry of Agriculture of the Czech Republic and with the realization of the project was encharged Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno. The task was work irrigation design for experimental plants and vegetables on the choosen land in Gobi desert in Mongolia. To disposition was underground water source – bore with capacity about 2l/s and temperature about 10 °C, electric power and land about area cca 1 ha. The condition was use simple irrigation equipment. The fundamental limitation was impossibility using technically more complex and more sophisticated equipment e.g. drip irrigation. The map was not to the disposition, only a judgment of slope 0,2% in flat terrain. The technical design of surface and subsurface point irrigation are introduced, shortly described are hydrotechnical basis used to created and described the original PC program HYBOZAM (hydraulics of point irrigation for Mongolia) developed in table editor of Microsoft Excel for pipe dimensions of point irrigation design. Part of the program is also evaluation of the irrigation uniformity from outflows on irrigation line.

desert, bilateral project, surface point irrigation, subsurface point irrigation, underground water, hydraulics, PC program, HYBOZAM, irrigation uniformity, Excel

Návrh, který vypracoval Filip *a kol.* (2007), byl vytvořen v rámci bilaterálního projektu zahraniční rozvojové spolupráce ČR s Mongolskem „Obnovení rostlinné výroby v semiaridních oblastech severní Gobi“ s dobou realizace 2006–2009; jeho gestorem je Ministerstvo zemědělství ČR a realizátorem Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Úkolem bylo zpracovat návrh závlahy pokusných plodin a zeleniny na pozemku v poušti Gobi v Mongolsku. K dispozici byl podzemní vodní zdroj, kterým je vrt o vydatnosti asi 2l/s a teplotě asi 10 °C, elektrická energie a pozemek o rozloze asi 1 ha. Podmínkou bylo použít jednoduché závlahové zařízení. Základním omezením byla nemožnost použití technicky složitějšího a náročnějšího zařízení, např. kapkové závlahy. Nebyl k dispozici mapový podklad, jen odhad sklonu 0,2% rovinatého terénu. Je uveden technický návrh pokusné povrchové a podpovrchové bodové závlahy, jsou stručně popsány hydrotechnické podklady použité k vytvořenému a popsanému originál-

nímu PC programu HYBOZAM (hydraulika bodové závlahy pro Mongolsko) vyvinutém v tabulkovém editoru Microsoft Excel pro návrh dimenzí potrubí bodové závlahy. Součástí programu je i vyhodnocení rovnoměrnosti výtoků z otvorů ze závlahové linky.

MATERIÁL A METODA

V době zpracování projektu byly známy následující podklady.

Přírodní poměry

Úhrn ročních srážek činí asi 100 až 150 mm, přičemž v době od června do září (vegetační doba) spadne přibližně 80 %, tj. 80 až 120 mm, některý rok však ani tolik. V létě vystupují teploty na 21 až 25 °C (maxima 40 °C), v zimě klesají na –19 °C (minima –36 °C). Bezmrázové období trvá od května do září. Během dne dochází i v krátkém časovém období

k výrazným tepelným výkyvům. Charakteristické jsou prachové bouře zejména v březnu a dubnu, které mají nezanedbatelný výsušný charakter. I během vegetačního období stále vane vítr, ale není známa jeho rychlost. Jedná se o klasickou aridní klimatickou oblast, kde bez závlahy nelze zemědělsky hospodařit.

Půda je písčitohlinitá s vysokou hodnotou pH (8 i více). Přítomnost uhličitánů je výrazná zejména v hloubce 0,3 až 0,5 m. Půdní horizont tvoří vrstvu mocnou asi 0,5 m, výjimečně až 0,7 m, pod níž je písek nebo štěrkopísek. Obsah půdní organické hmoty je nízký, okolo 1 %, jak je typické pro aridní zónu.

Hospodářské poměry

V okolí plánované pokusné plochy se hospodaří na třech lokalitách s využíváním klasického způsobu závlahy brázdovým podmokem. Zdrojem závlahové vody jsou vrty, kdy se čerpá 8 hodin denně. Zavlažuje se jen odhadem a na plochu 3 ha se dodá

asi 200 m³ vody za den. Provozuje se zřejmě promývný závlahový režim.

Pěstují se melouny, dýně, mrkev, rajčata, okurky, česnek, cibule, červená řepa a brambory.

Jakost závlahové vody

Základní podmínkou úspěšného dlouhodobého zavlažování je dobrá jakost závlahové vody. Vzhledem k tomu, že zdrojem závlahové vody je podzemní voda z vrtu, která slouží i jako pitná voda, je rozhodující v daných podmínkách posouzení hrozby zasolení půdy a teplota vody.

Podle poskytnutých rozborů vody z vrtu se nejčastěji vyskytuje množství iontů Na⁺ 130 mg.l⁻¹, iontů Ca⁺⁺ 25 mg.l⁻¹ a iontů Mg⁺⁺ 12 mg.l⁻¹.

Pro posouzení jakosti vody pro závlahu jsme použili kritérium, které se v zahraničí používá pro aridní klimatické oblasti, kterým je sodíkový adsorpční poměr SAR. Ten, pro množství zjištěných iontů z vrtu, byl vypočítán pomocí následující rovnice a činí:

$$SAR = \frac{\frac{Na^+}{22,99}}{\sqrt{\frac{Ca^{++}}{40,08} + \frac{Mg^{++}}{24,32}}} = \frac{\frac{130}{22,99}}{\sqrt{\frac{25}{40,08} + \frac{12}{24,32}}} = 5,4 \quad [-] \quad (1)$$

Výsledek pro zjištěnou vodivost vody cca 200 μS/cm ukazuje na nízký stupeň zasolení (ukazatel C1) a nízký stupeň alkalizace (ukazatel S1). Uvedený výsledek byl stanoven pomocí grafu, který uvádí Holý a kol. (1976).

Návrh technického řešení

Při návrhu závlahového systému se musel brát ohled na daná omezení, tj. na hodnotu mineralizace vody závlahového zdroje, nepoužitelnost komplikovanějšího technického závlahového systému, stálý vítr obsahující prachové částice, omezenou vydatnost vodního zdroje, teplotu vody asi 10 °C, extrémní klimatické podmínky, především nízké teploty v zimě, způsob obhospodařování pozemků atd.

Pro zadané podmínky byly zvoleny čtyři způsoby závlahy: úsporný systém bodové závlahy, a to v úpravě povrchové i ve variantě podpovrchové, tzv. podpovrchový žlábkový podmok, závlahový postřik a jako srovnání klasický brázdový podmok, který se v dané oblasti používá. Článek se zabývá návrhem bodové závlahy povrchové a podpovrchové, které byly vyprojektovány na celkové ploše 2432 m² (60,8 × 40 m), a je uvedeno originální hydraulické řešení včetně posouzení rovnoměrnosti výtoku z otvorů závlahové linky.

Povrchová bodová závlaha

Při povrchové bodové závlaze se voda rozvádí po pozemku nízkotlakými polyetylenovými trubkami uloženými na povrchu, které mají výtokové otvory velikosti 2 až 4 mm. Otvory se chrání krytkami. V České republice se využívala tato závlaha zejména v 80. letech minulého století, kdy bylo obtížné projektovat kapkovou závlahu. Domácí produkce kap-

kové závlahy byla nespolehlivá, zahraniční výrobky finančně nedostupné. Získané poznatky s realizovanými závlahovými stavbami bodové závlahy systémů GA-Systém na Slovensku a Agropodniku Kutná Hora v Čechách jsou oporou pro jejich využití pro pouštní podmínky, i když zkušenosti jsou ze závlahy sadů, keřových plantáží a vinic.

Předností bodové závlahy oproti kapkové závlaze je menší náročnost na jakost závlahové vody a tím odpadá výstavba náročné, obvykle dvoustupňové filtrační stanice nutné při kapkové závlaze.

Nevýhodou bodové závlahy je hustá trubní závlahová síť a nedostatek zkušeností se závlahou zeleniny.

Podpovrchová závlaha – podpovrchový žlábkový podmok

Princip podpovrchové závlahy spočívá v dodávání vody přímo do půdy ke kořenům rostlin. Podpovrchový žlábkový podmok tvoří soustavu paralelních podpovrchových žlábků z plastu. Příčný profil žlábků má rozměry 30 × 20 cm a je uložený 0,5 m pod povrchem terénu. V půdě těsně nad žlábkem byla navrhována perforovaná flexibilní trubka, která přiváděla vodu do žlábků. Voda se soustřeďuje v žlábků a kapilaritou se rozšiřuje v závislosti na zrnitosti půdy do stran a k povrchu. Tento způsob závlahy vyvinuli a vyzkoušeli i v zahraničí (bývalé NDR a Maďarsko) Húska a Kabina (1984) s dobrými výsledky. Protože se jednalo o pokusné plochy s lehkými půdami, je tento způsob navržen i pro pouštní podmínky v Mongolsku.

Uvedený způsob je poměrně náročný svou hustotou rýh pro plastové žlábků, a tím i finančně ná-

kladný. Náklady se blíží nákladům kapkové závlahy, která je ze všech závlahových způsobů nejdražší.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedná se o popis projektovaného technického řešení a potřebných hydrotechnických výpočtů. Schéma bodové závlahy dílčího závlahového bloku s rozmístěním závlahových linek na pokusné parcele při povrchové bodové závlaze a podpovrchovém žlábkovém podmoku je uvedeno na obr. 1.

Povrchová bodová závlaha

Povrchová bodová závlaha byla navržena z potrubí PE-HD pro provozní tlak PN 6 barů s tenčími tloušťkami stěn, zaručující hydraulicky požadované světlosti trubek. Závlahová voda se bude čerpat z podzemního vrtu do nádrže N_1 , kde se bude ohřívat, a odtud se povede přívodním potrubím tvořeným rozvodným potrubím o průměru 44,2/50 mm (tj. vnitřní průměr/vnější průměr potrubí) a rozdělovacím potrubím o průměru 44,2/50 mm do perforovaných zavlažovacích linek (zavlažovaček), ze kterých budou rostliny povrchově zavlažovány.

Zavlažovačky jsou uspořádány do dílčích závlahových bloků, v každém bloku po čtyřech linkách, které budou navzájem vzdáleny 0,8 m. Délka každé zavlažovačky je 40 m a prvních horních 20 m je tvořeno z trubky o průměru 35,4/40 mm, spodních 20 m z trubky o průměru 28,2/32 mm. Trubky se opatří otvory o rozteči 0,5 m, přičemž první otvor je od počátku trubky ve vzdálenosti 0,25 m. Otvory musí mít průměr 2 mm a ten nebude zakrýván krytkou.

Jeden dílčí závlahový blok zavlaží plochu $3,2 \times 40 \text{ m} = 128 \text{ m}^2$. Těchto dílčích závlahových bloků bude na každé straně od nádrže N_1 osm, tedy celkem 16 dílčích závlahových bloků, což představuje celkem 64 zavlažovacích linek. Protože ve středu pozemku bude uložena podpovrchová závlaha, začnou se ukládat zavlažovačky na povrch parcely od středu pozemku na obě strany ve vzdálenosti 5,2 m. Důležité je položit rozvodné potrubí do umělého sklonu 0,2 %.

Na začátku přívodního potrubí bude zabudován filtr, kovový kulový kohout, vodoměr a tlakový manometr. Vodoměr musí být uložen vodorovně a voda v něm nesmí zmrznout. Podrobné sestavení povrchové bodové závlahy z trubek, tvarovek a armatur je obsahem kladečského plánu ve výkresové části projektu (Filip a kol., 2007).

Podpovrchový žlábkový podmok

Podpovrchová bodová závlaha uspořádaná jako žlábkový podmok byla rovněž navržena z potrubí PE-HD pro provozní tlak PN 6 barů, který umožňuje tenčími tloušťkami stěn zaručit hydraulicky požadované světlosti trubek. Tento materiál PE-HD

se použije i na zavlažovací linky, ačkoliv byly dosud navrhovány perforované flexibilní trubky obalené filtračním materiálem. Důvodem změny je závlaha zeleniny (oproti dosud využívání žlábkového podmoku pro zavlažování sadů a keřových plantáží), a tedy častější kultivace povrchu půdy, což nutí hledat větší pevnost potrubí pro případ nechtěného zachycení kypřicím nářadím. Kromě toho by volba více druhů materiálů komplikovala výstavbu.

Závlahová voda se bude ohřívat v nádrži N_1 a odtud se povede rozvodným potrubím o průměru 44,2/50 mm a rozdělovacím potrubím o průměru 44,2/50 mm do perforovaných zavlažovacích linek (zavlažovaček).

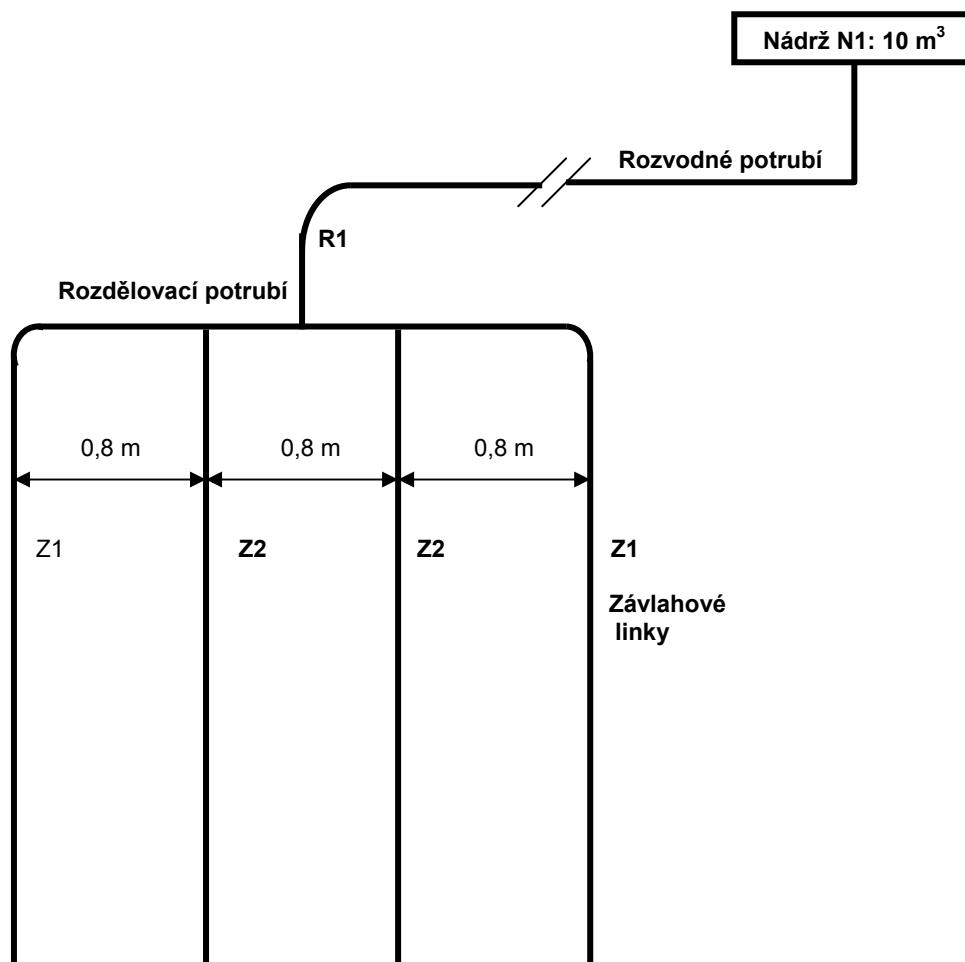
Trubky zavlažovacích linek budou opatřeny otvory o rozteči 0,25 m, přičemž první otvor bude od počátku trubky ve vzdálenosti 0,125 m. Otvory musí mít průměr 2 mm a každý otvor bude zakrýván krytkou vyrobenou z trubky PE-HD o jednu dimenzi větší než je perforovaná trubka. Délka krytky bude dlouhá 80 mm a podélně rozříznuta.

Zavlažovačky budou uloženy v zemní rýze, která bude hluboká 0,5 m, široká 0,3 m a jejich osy budou navzájem vzdáleny 0,8 m. Po vyrovnání dna do nivelety se dno i boky rýhy až do výšky 0,2 m vyloží plastovou fólií o tloušťce minimálně 0,3 mm. Po položení fólie bude tento prostor až do výšky 0,25 m (polovina hloubky rýhy) zasypan materiálem z této hloubky, neboť má vysoký obsah vápníku. Na nově vytvořené a do nivelety vyrovnané dno v hloubce 0,25 m pod povrchem se položí perforovaná trubka zavlažovačky, opatřená krytkou. Pak se rýha zasype zeminou ze svrchní části rýhy. Protože pozemek se nebude orat, jen kypřit na hloubku 15 cm, nemělo by být potrubí poškozeno. Přiváděná závlahová voda se bude hromadit v nepropustné části rýhy, kapilárním pohybem se rozšíří asi 20 cm mimo rýhu a bude stoupat i k povrchu.

Zavlažovačky jsou uspořádány jako u povrchové bodové závlahy do dílčích závlahových bloků, v každém bloku po čtyřech linkách, které budou navzájem vzdáleny 0,8 m. Délka zavlažovaček je 40 m a prvních horních 20 m bude tvořeno z trubek o průměru 35,4/40 mm, spodních 20 m z trubek o průměru 28,2/32 mm.

Jeden dílčí závlahový blok zavlaží plochu $3,2 \times 40 \text{ m} = 128 \text{ m}^2$. Tyto dílčí závlahové bloky budou tři a budou umístěny uprostřed pozemku u nádrže N_1 , což představuje celkem 12 zavlažovacích linek.

Podrobné sestavení podpovrchové závlahy žlábkového podmoku z trubek, tvarovek a armatur zobrazuje kladečský plán ve výkresové části projektu (Filip a kol., 2007). U zdroje vody – nádrže N_1 – bude na potrubí filtr, kovový kulový kohout, vodoměr a tlakový manometr. Vodoměr musí být uložen vodorovně a voda v něm nesmí zmrznout.



1: Schéma bodové závlahy dílčího závlahového bloku s rozmístěním závlahových linek na pokusné parcele

Hydrotechnické výpočty

Dimenze potrubí pro povrchovou bodovou závlahu a podpovrchový žlábkový podmok uvedené v předchozích odstavcích byly stanoveny hydrotechnickými výpočty, které uvádí Spitz (2007). Dále jsou stručně uvedeny nejdůležitější výsledky a poznatky z citované literatury.

Vhodnou metodou se ukázalo vytvoření speciálního počítačového programu nazvaného HYBO-ZAM (Hydraulika bodové závlahy pro Mongolsko). Program byl vypracován a odladěn v tabulkovém editoru Excel ze softwarového produktu Microsoft Office. Sestává ze dvou podprogramů, které na sebe při hydraulickém dimenzování bodové závlahy navazují. Jsou to: podprogram pro závlahovou linku a podprogram pro přívodní potrubí.

Program je založen na aplikaci tří hydraulických vztahů, tj: vztahu pro výpočet výtoku vody otvorem, vztahu pro stanovení ztráty tlakové výšky třením v kruhovém potrubí pomocí rovnice Colebrook-White a vztahu pro stanovení místní ztráty tlakové výšky v potrubí. Součástí programu je i hodnocení rovnoměrnosti rozdělení výtoku z otvorů závlahové linky.

Výtok vody otvorem

Je použit vztah:

$$q = \eta \cdot \mu \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2gH} \quad [\text{ml.s}^{-1}], \quad (2)$$

kde:

q – výtok vody otvorem $[\text{ml.s}^{-1}]$,
 η – součinitel odporu zeminy $[-]$,
 μ – výtokový součinitel otvoru $[-]$,
 d – průměr otvoru $[\text{mm}]$,
 g – gravitační zrychlení $9,81 \text{ m.s}^{-2}$,
 H – tlaková výška $[\text{m}]$.

Pro podpovrchovou závlahu uvádí Novotný (1989) tyto hodnoty součinitele odporu zeminy η :

$\eta = 0,75$ pro půdy písčité a šterkovité,
 $\eta = 0,60$ pro půdy písčito-hlinité,
 $\eta = 0,50$ pro půdy jílovito-hlinité.

Pro povrchovou závlahu se hodnota $\eta = 1$.

Pro bodovou závlahu doporučuje Šálek (1980) použít výtokové otvory o průměru d 1 až 3 mm a uvádí

hodnoty výtoku součinitele μ pro tyto technologie výroby výtakových otvorů:

$\mu = 0,629$ pro vrtané otvory,

$\mu = 0,871$ pro propalované otvory,

$\mu = 0,933$ pro otvory s hubicí.

Z hlediska výtakové kapacity rozděluje Šálek (1980) zařízení na:

- velmi nízké kapacity $q < 1 \text{ ml.s}^{-1}$,
- nízké kapacity $q = 1 \text{ až } 5 \text{ ml.s}^{-1}$,
- střední kapacity $q = 5 \text{ až } 10 \text{ ml.s}^{-1}$,
- vysoké kapacity $q = 10 \text{ až } 50 \text{ ml.s}^{-1}$,
- velmi vysoké kapacity $q > 50 \text{ ml.s}^{-1}$.

Výpočet ztráty tlakové výšky vlivem tření v kruhovém tlakovém potrubí

Pro stanovení hydraulického sklonu čáry energie J je použita rovnice Darcy-Weissbachova v úpravě Šerka a Šálka (1973):

$$J = 8,263 \cdot 10^9 \cdot \lambda \frac{Q^2}{D^5} \quad [\%], \quad (3)$$

kde:

J – hydraulický sklon čáry energie [%],

λ – součinitel tření $\lambda = f(Re, k/D)$, kde:

Re – Reynoldsovo číslo $= v \cdot D \cdot \nu^{-1} [\text{mm.m}^{-1}]$,

k – absolutní drsnost potrubí [mm]; pro potrubí z plastu se volí $k = 0,01 \text{ mm}$,

v – střední průřezová rychlost vody $[\text{m.s}^{-1}]$,

ν – kinematická viskozita vody $[\text{m}^2.\text{s}^{-1}]$,

D – vnitřní průměr potrubí [mm],

Q – průtok vody v potrubí $[\text{l.s}^{-1}]$.

Jak je zřejmé, vztah (3) obsahuje implicitní součinitel tření λ , který je v programu vypočítáván podle vztahu odvozeného Colebrookem a Whitem, použit je iterační postup popsáný Šerkem a Šálkem (1973). Výpočty hodnoty λ program zpracovává pro teplotu vody 16°C .

Ztráta tlakové výšky v potrubí Z se vypočítává pomocí vztahu:

$$Z = \frac{J \cdot l}{100} \quad [\text{m}], \quad (4)$$

kde:

J – viz vztah (3),

l – délka potrubí [m].

Stanovení místní ztráty tlakové výšky v kruhovém tlakovém potrubí

Pro stanovení místní ztráty vzniklé na tvarovkách, armaturách a na dílech částech potrubí (změna velikosti nebo směru rychlosti proudění) v přírodním potrubí a v potrubí závlahových linek bodové závlahy se použil vztah:

$$z = \xi \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}], \quad (5)$$

kde:

ξ – součinitel místní ztráty [-],

v – střední průřezová rychlost $[\text{m.s}^{-1}]$,

g – gravitační zrychlení $9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

Hodnoty součinitelů místní ztráty ξ uvádí např. Kolář a kol. (1983), Tesářík a kol. (1983, 1985), Šerek a Šálek (1973) a také Spitz (2007).

Hodnocení rovnoměrnosti rozdělení výtoků z otvorů závlahové linky

Pro hodnocení rovnoměrnosti rozdělení výtoků z otvorů děrovaného potrubí lze použít řadu metod, jak ve stručnosti uvádějí Zdražil a Spitz (1966). Dále jsou uvedeny metody používané v zahraničí a v ČR.

V zahraničí je nejvíce rozšířená metoda hodnocení podle koeficientu rovnoměrnosti (uniformity coefficient) C_u podle Christiansena, kterou lze pro hodnocení rovnoměrnosti výtoků z děrovaného potrubí modifikovat takto:

$$C_u = 100 \left(1 - \frac{\sum |q_i - q_p|}{o \cdot q_p} \right) \quad [\%], \quad (6)$$

kde:

q_i – výtok vody v i -tém otvoru $[\text{ml.s}^{-1}]$,

q_p – průměrný výtok $[\text{ml.s}^{-1}]$,

o – celkový počet činných výtakových otvorů na potrubí.

Čím vyšší je hodnota koeficientu C_u , tím větší je rovnoměrnost rozdělení výtoků z otvorů na děrovaném potrubí. Hodnota C_u má být větší než 90 %. Při absolutní rovnoměrnosti by se $C_u = 100 \%$.

Další doporučenou metodou je hodnocení pomocí koeficientu nerovnoměrnosti K :

$$K = \frac{q_1}{q_o} \quad [-], \quad (7)$$

kde q_1 a q_o jsou výtoky prvním a posledním otvorem na děrovaném potrubí $[\text{ml.s}^{-1}]$.

Součinitel nerovnoměrnosti K má mít hodnotu $0,9 \leq K \leq 1,1$, což je značně přísné kritérium.

Použití koeficientů C_u a K doporučuje norma TNV 75 4310.

Vhodnou metodu hodnocení rovnoměrnosti uvádějí Zdražil a Spitz (1966). Lze ji pro výtoky otvory v potrubí modifikovat takto:

$$K_{ef} = 100 \frac{p_{ef}}{o} \quad [\%], \quad (8)$$

kde:

K_{ef} – koeficient rovnoměrnosti výtoků z potrubí [%],

p_{ef} – počet otvorů s výtoky které jsou v rozmezí odchylky $\pm \Delta$ v % od průměrné hodnoty výtoku q_p ,

o – viz vztah (6).

Odchylka Δ ve vztahu (8) se volí, doporučuje se $\Delta = \pm 10\%$. Metoda je oproti předchozím dostatečně transparentní, a proto byla zvolena jako hlavní při posuzování rovnoměrnosti výtoků z děrovaného závlahového potrubí.

Stručný popis programu HYBOZAM

Jak již bylo uvedeno, program HYBOZAM sestává ze dvou podprogramů, které na sebe při hydraulickém dimenzování bodové závlahy navazují. Jsou to: podprogram pro závlahovou linku a podprogram pro přívodní potrubí.

Podprogram pro závlahovou linku

Podprogram pro závlahovou linku potrubí neboli zavlažovačku bodové závlahy je zpracován v Excel listu pro maximální počet uzlů na lince $n = 161$. Rozsah odpovídá požadavku na hydraulický výpočet dílčího bloku bodové závlahy pro Mongolsko. Výpočty pro povrchovou i podpovrchovou bodovou závlahu se uskutečnily ve výpočtovém listu s názvem „Zavlažovačka Zx“, kde za x se dosazuje číselné označení zavlažovačky. Součástí podprogramu je i grafické vyjádření výpočtů, pro které jsou zpracovány listy „Graf zavlažovačky Zx“. Pokud by bylo třeba podprogram rozšířit pro větší počet uzlů, lze to udělat jednoduchým způsobem.

Vlastní výpočet se uskutečňuje od konce zavlažovačky do jejího začátku, tj. od posledního do prvního uzlu zavlažovačky.

Podprogram pro přívodní potrubí

Podprogram pro přívodní potrubí bodové závlahy je zpracován v Excel listu pro maximální počet 30 uzlů na potrubí. Výpočty se uskutečnily ve výpočtovém listu s názvem „Přívodní potrubí R1“. Vstupními údaji do podprogramu jsou výsledky zjištěné ve výpočtových listech nazvaných „Zavlažovačka Zx“ podprogramu pro závlahovou linku potrubí.

Stejně jako u zavlažovačky se vlastní výpočet uskutečňuje od konce přívodního potrubí do jeho začátku, tj. od posledního do prvního úseku potrubí.

Postup hydraulického výpočtu

Hydraulický výpočet se uskutečnil pro nejneprůzračnější případ pro povrchovou i podpovrchovou bodovou závlahu, tj. pro nejvzdálenější dílčí závlahové bloky od vodního zdroje. Při vlastním výpočtu se postupovalo takto:

Nejprve byly navrženy světlosti zavlažovaček Z1 a Z2 (viz obr. 1) a hydraulicky byly posouzeny tak, že se výpočet začíná od konce zavlažovaček. Nejdříve, a to ve variantách 1 u povrchové a podpovrchové závlahy, byl uvažován jeden průměr potrubí. Zjištěné rovnoměrnosti závlahy posuzované podle vztahu (8), tj. koeficientem K_{ef} , však byly nevyhovující. Zlepšení rovnoměrnosti je možno zvýšit několika způsoby: měněním velikosti průměrů výtokových otvorů, změnou roztečí otvorů a také kombinací dvou i více průměrů potrubí na lince. Pro zlepšení rovno-

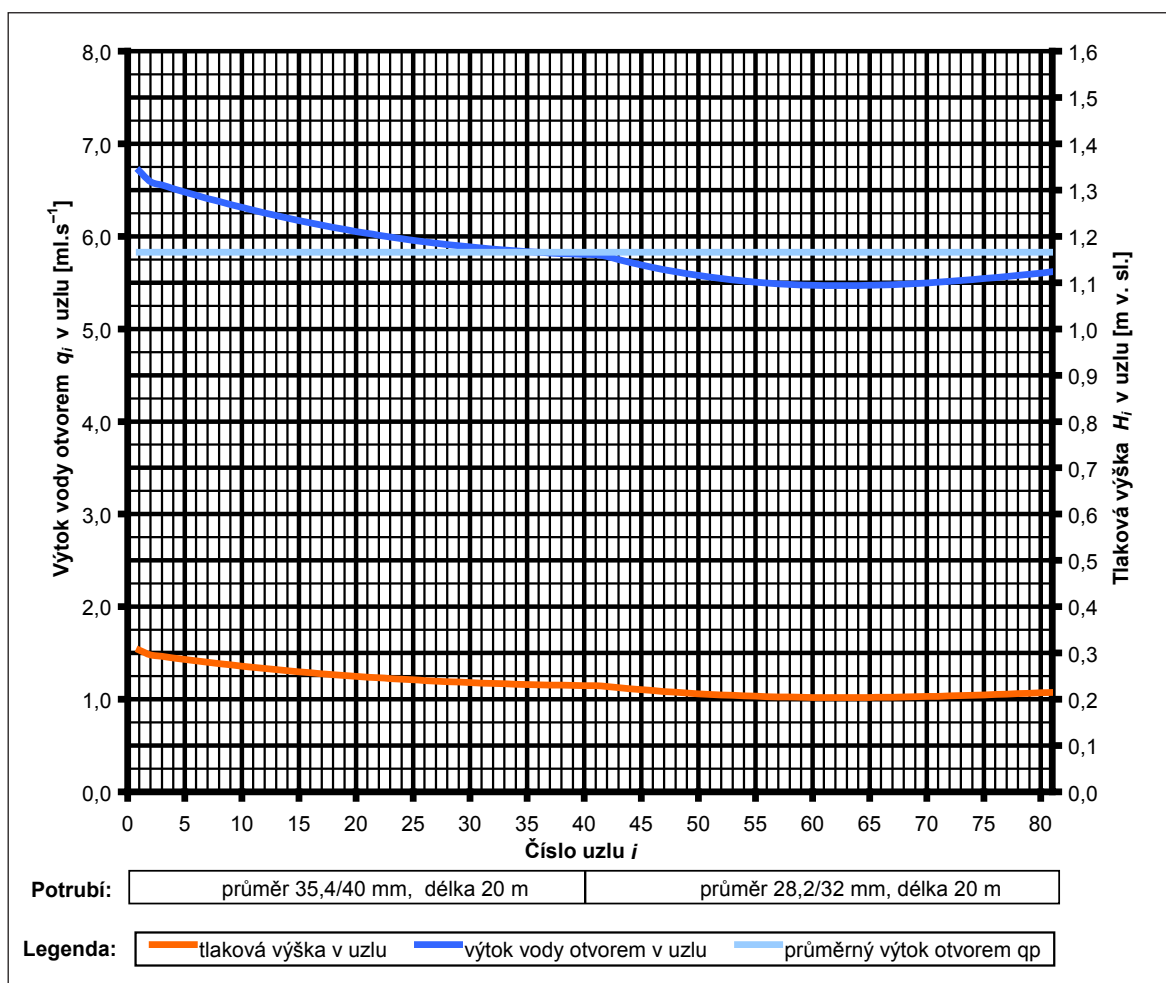
měrnosti závlahy byl použit posledně jmenovaný způsob, který je při výstavbě nejjednodušší proveditelný a téměř vylučuje špatné provedení závlahy. Jak již bylo uvedeno, u zavlažovaček byla konkrétně navržena kombinace dvou potrubí z plastu o průměru 35,4 / 40 mm, a 28,2 / 32 mm, s délkami 20 m.

Hlavním výsledkem je vstupní tlaková výška a průtok do zavlažovaček a také hodnota koeficientu rovnoměrnosti výtoků z potrubí K_{ef} při odchylce $\Delta = \pm 10\%$ od průměrného výtoku q_p . K vizuálnímu posouzení rovnoměrnosti byly zkonstruovány grafy zavlažovaček Z1 a Z2. Výsledkem byly rovněž hodnoty průtoků a tlakových výšek v každém otvoru u obou zavlažovaček Z1a Z2. Příklad je uveden na obr. 2

Zjištěné vstupní tlakové výšky a vstupní průtoky do Z1 a Z2 programu se automaticky přenášejí do hydraulického výpočtu pro přívodní potrubí bodové závlahy R1. Byly navrženy světlosti v jednotlivých úsecích přívodního potrubí (tj. rozdělovacího a rozvodného potrubí) a takto zkompletovaná trubní síť bodové závlahy byla posouzena hydraulicky; opět se začínalo od nejzaššího konce potrubí. V uzlech paralelního napojení každé zavlažovačky na rozdělovací potrubí musí být hodnota tlakové výšky zjištěná u zavlažovačky a hodnota tlakové výšky v rozdělovacím potrubí sobě rovny. V případě, že tomu tak není, upravuje se tlaková výška na konci zavlažovačky, až jsou obě hodnoty rovny. Jelikož umístění zavlažovaček vzhledem k napojení na rozvodné potrubí bylo symetrické, pak v jeho úsecích, které přivádějí průtok do obou symetrických částí, byl zjištěný průtok v jedné symetrické části zadáván ve dvojnásobné velikosti.

Postupným návrhem světlostí potrubí v úsecích přívodního potrubí R1 a koncových tlakových výšek do závlahových linek Z1 a Z2 se docílilo, aby průtok na vstupu do potrubí Q byl menší nebo roven $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a tlaková výška na vstupu do potrubí H byla menší nebo rovna 3 m v. sl. Zároveň bylo třeba dbát, aby i rovnoměrnost výtoků vody z otvorů zavlažovaček hodnocená koeficientem rovnoměrnosti K_{ef} byla vyhovující. Příklad zjištěných nejdůležitějších výsledků výpočtu pro var. 2 povrchové bodové závlahy je uveden v tab. I, ze které je zřejmé, že jsou splněny jak hydraulické požadavky, tak i požadovaná rovnoměrnost výtoků vody z otvorů zavlažovaček.

Sestavený program HYBOZAM pro hydraulický návrh bodové závlahy v Mongolsku a jeho posuzování se ukázal vhodným nástrojem ke sledovanému účelu. Program pracuje rychle a spolehlivě, dává uživateli srozumitelné výsledky. Výsledky výpočtu jsou však především závislé na použitých vstupních údajích.


 2: Výtok vody otvorem q_i , tlaková výška H_i v uzlech a průměrný výtok q_p v závlahové lince Z1 povrchové bodové závlahy – var. 2

I: Nejdůležitější výsledky výpočtu povrchové bodové závlahy – var. 2

Přívodní potrubí R1		Závlahová linka							
Průtok na vstupu do přív. potrubí	Tlaková výška na vstupu do přív. potrubí	Z1				Z2			
		Vstupní průtok	Vstupní tlaková výška	Tlaková výška v konc. uzlu	Koeficient rovnoměrnosti K_e při odchylce $\Delta = \pm 10$	Vstupní průtok	Vstupní tlaková výška	Tlaková výška v konc. uzlu	Koeficient rovnoměrnosti K_e při odchylce $\Delta = \pm 10$
Q	H	Q_1	H_1	H_{81}	[%]	Q_1	H_1	H_{81}	[%]
[l.s ⁻¹]	[m v. sl.]	[l.s ⁻¹]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[%]	[l.s ⁻¹]	[m v. sl.]	[m v. sl.]	[%]
1,871	2,957	0,465	0,306	0,215	92,59	0,470	0,322	0,220	92,59

Provozní údaje bodové závlahy

Při provozních výpočtech bodové závlahy se vycházelo z těchto základních údajů:

Závlahová plocha: (rozměry 60,8m × 40,0m) 2 432 m²

Pokusná parcela (se čtyřmi zavlažovačkami): 128 m²

Počet pokusných parcel: 19 ks

Počet pokusných parcel s povrchovou závlahou: 16 ks

Počet pokusných parcel s podpovrchovou závlahou: 3 ks

Přítok na závlahovou plochu: 2 l/s

Objem závlahové nádrže N1: 10 m³

Polní vodní kapacita: 26,1 % obj.

Bod vadnutí: 9,9 % obj.

Využitelná vodní kapacita:16,2 % obj.
 Hloubka navlažení:0,30 m
 Mez zavlažení:24,3 mm

Vypočtené provozní údaje pak jsou:

Závlahová dávka:25 mm
 Doba zavlažení pokusné parcely (dílčího závl. bloku) 1 dávkou: ($25 \text{ mm} \times 128 \text{ m}^2 : 2 \text{ l/s} = 1\,600 \text{ s} = 26,7 \text{ min} = 0,45 \text{ h}$)0,45 h
 Doba zavlažení závlahové plochy 1 dávkou ($25 \text{ mm} \times 2\,432 \text{ m}^2 : 2 \text{ l/s} = 30\,400 \text{ s} = 507 \text{ min} = 8,45 \text{ h}$)8,45 h
 Závlahové dávkové množství na pokusnou parcelu: ($25 \text{ mm} \times 128 \text{ m}^2 = 3\,200 \text{ l} = 3,2 \text{ m}^3$)3,2 m³
 Závlahové dávkové množství na závlahovou plochu: ($25 \text{ mm} \times 2\,432 \text{ m}^2 = 60\,800 \text{ l} = 60,8 \text{ m}^3$)60,8 m³
 Doba plnění závlahové nádrže ($8\,000 \text{ l} : 2 \text{ l/s} = 4\,000 \text{ s} = 66,7 \text{ min} = 1,11 \text{ h}$)1,11 h
 Počet plnění závlahové nádrže na zavlažení celé plochy 1 dávkou: ($8,45 \text{ hod} : 1,11 \text{ hod} = 7,6 \text{ x}$)7,6

Z uvedených provozních údajů vyplývají nejdůležitější skutečnosti: závlahovou dávkou 25 mm lze pokusnou parcelu o výměře 128 m² zavlažit za 0,45 h, celou plochu 2 432 m² za 8,45 h. Tedy, po-

stupně po sobě jdoucí závlaha pokusných parcel po cca 0,45 h, umožňuje v jednom dni zavlažit celou plochu 2 432 m².

SOUHRN

Článek je věnován zpracovanému návrhu bodové závlahy pokusných plodin a zeleniny na pozemku o plošné rozloze 2 432 m² v lokalitě Buchel na severu pouště Gobi v Mongolsku. K dispozici byl podzemní vodní zdroj, kterým je vrt o vydatnosti asi 2 l/s a teplotě asi 10 °C, elektrická energie a pozemek o rozloze asi 1 ha a odhadovaném sklonu 0,2 %, neboť nebyl k dispozici mapový podklad. Je uveden návrh povrchové a podpovrchové bodové závlahy pro pokusné parcely o ploše 128 m² (schéma je na obr. 1), jsou stručně popsány použité hydrotechnické podklady k vytvoření originálního programu HYBOZAM (hydraulika bodové závlahy pro Mongolsko) pro návrh dimenzí potrubí bodové závlahy. Pro zajištění vyhovující rovnoměrnosti závlahy z výtokových otvorů na závlahové lince byla použita kombinace dvou potrubí z plastu o průměru 35,4 / 40 mm a 28,2 / 32 mm, s délkami 20 m. Vizuální posouzení rovnoměrnosti výtoku vody otvory na závlahové lince umožňuje program HYBOZAM svým grafickým výstupem. Příklad pro linku Z1 povrchové bodové závlahy – var. 2 je uveden na obr. 2. Konečným výsledkem návrhových výpočtů je tabulka zjištěných nejdůležitějších výsledků. Příklad tabulky pro var. 2 povrchové bodové závlahy je uveden v tab. I, ze které je zřejmé, že jsou splněny jak hydraulické požadavky, tak i požadovaná rovnoměrnost výtoku vody z otvorů zavlažovaček. Jsou uvedeny také provozní údaje bodové závlahy.

SUMMARY

The article is dedicated to the worked up design of point irrigation for experimental plants and vegetables on the land with area 2 432 m² in locality Buchel in the north desert Gobi in Mongolia. To disposition was underground water source – bore with capacity about 2 l/s and temperature about 10 °C, electric power and land about area cca 1 ha with a judgment of slope 0,2 %. The map was not to the disposition. The design of surface and subsurface point irrigation for experimental plots with area 128 m² are introduced (scheme is on picture 1), shortly described are used hydrotechnical basis to the created original program HYBOZAM (hydraulics of point irrigation for Mongolia) for pipe dimensions of point irrigation design. The satisfactory irrigation uniformity from outlets on irrigation pipeline was realized with the combination of two pipes from plastic with diameters 35,4 / 40 mm and 28,2 / 32 mm and with lengths 20 m. The program HYBOZAM makes possible also the visual judgement of uniformity outflows on irrigation line with graphic output. The example for line Z1 of surface point irrigation – var. 2 is shown on picture 2. The final results of designed calculations are in the table of the most important ascertained results. The example of the table for var. 2 of surface point irrigation is shown in the tab. I, where is evident that are fulfilled as hydraulics requirements so the required uniformity of irrigation from outlets on irrigation pipeline. The operation data of point irrigation are introduced too.

LITERATURA

ČSN 75 7143, 1991: *Jakost vody pro závlahu*. Praha: Vydavatelství norem, 20 s.

FILIP, J. a kol., 2007: *Závlaha lokality Buchel – Mongolsko*. Stavební projekt. Brno: MZLU v Brně, Ústav aplikované a krajinné ekologie.

- HOLÝ, M. a kol., 1976: *Závlahové stavby*. Praha: vyd. SNTL/ALFA, 448 s.
- HÚSKA, D., KABINA, P., 1984: Bodová závlaha (ústní sdělení).
- JŮVA, K., FILIP, J., HRABAL, A., 1981: *Závlaha zemědělských kultur*. Praha: vydalo SZN, 312 s.
- KOLÁŘ, V., PATOČKA, C., BÉM, J., 1983: *Hydraulika*. Praha: vyd. SNTL/ALFA, 480 s.
- NOVOTNÝ, M. a kol., 1989: *Spresňovanie závlahových režimov a metódy zavlažovania špeciálnych plodín*. Závěrečná zpráva dílčího úkolu. Bratislava: Výsk. ústav závlahového hospodárstva, 56 s.
- SPITZ, P., 2007: *Hydraulický posudek na návrh bodové závlahy pro Mongolsko (s přílohou programu HYBOZAM na CD-ROM)*. Zpráva. Brno: 24 s.
- SPITZ, P., SLAVÍK, L., ZAVADIL, J., 1998: *Progresivní úsporná závlahová zařízení a jejich využívání*. Uživatelský výstup projektu NAZV EP 0960006151 „Závlaha v procesu stabilizace intenzivního zemědělství“. Praha: VÚMOP Praha, 61 s.
- ŠÁLEK, J., 1980: *Metody hydraulického výpočtu některých závlahových zařízení a jejich experimentální ověření*. Závěrečná výzk. zpráva. Brno: VUT Brno – Fakulta stavební, 79 s.
- ŠEREK, M., ŠÁLEK, J., 1973: *Návod na cvičení z inženýrských a závlahových sítí*. Praha: vyd. SNTL, 172 s.
- TESAŘÍK, I. a kol., 1985: *Vodárenství* (Technický průvodce 7). Praha: vyd. SNTL, 488 s.
- TESAŘÍK, I. a kol., 1983: *Vodárenství*. Praha/Bratislava: vyd. SNTL/ALFA, 440 s.
- TNV 75 4310, 1998: *Závlahová zařízení pro mikrozávlahy*. Praha: vyd. Hydroprojekt Praha, 43 s.
- ZDRAŽIL, K., SPITZ, P., 1966: Hodnocení rovnoměrnosti postřiku při závlaze otočnými postřikovači. *Meliorace*, roč. 39, č. 1, s. 37–48.

Adresa

Ing. Pavel Spitz, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., oddělení vodního režimu půd, Lidická 25/27, 602 00 Brno, Česká republika, e-mail: spitz@vumopbrno.cz, doc. Ing. Jiří Filip, CSc., Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: filipj@uake.cz

